DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 11. Juli 1913. Heft 28.

Die Bedeutung des Kleinhirns.

Von Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.

Luciani, der berühmte Physiolog von Rom, hat sein großes, auch in deutsche Sprache übersetztes, originelles Handbuch der Physiologie nunmehr in vierter Auflage neu bearbeitet. Mir liegt der Separatdruck von Kapitel VIII des dritten Bandes vor, unter dem Titel: „Das Hinterhirn." Dieser Abschnitt ist von besonderem Interesse, weil er die Früchte langjähriger Untersuchungen des Verfassers, mit Berücksichtigung der betreffenden Literatur kondensiert und kritisch gesichtet darstellt. *Luciani* legt seiner Funktionenlehre die trefflichen vergleichend anatomischen Studien von *Bolk* und die Lokalisationsversuche *van Rynberks* zugrunde. Das lehrreiche Schema dieser Forscher sei hier faksimiliert.

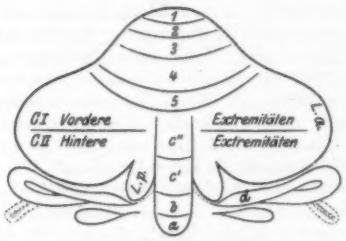

Fig. 1.

Schematische Einteilung der Funktionszentren im Kleinhirne der Säugetiere nach *Bolk* und *van Rynberk*. *1* bis *5* Bewegungszentren: *1.* Auge, *2.* Kiefer, *3.* Antlitz, *4.* Zunge, Schlundkopf und Kehlkopf, *5.* Hals, Nacken, *a* bis *c''* Rumpf, *d* Schwanz.

Bolk erschloß die Lokalisation aus den Verhältnissen der anatomischen Ausbildung zu den Funktionen der Muskelgruppen bei vielen Tieren.

Nach ausführlicher anatomischer Beschreibung des Kleinhirns gibt *Luciani* eine historische Übersicht der Lehre von den Funktionen dieses dunkelsten Gebietes des Nervensystems, dessen Studium er sieben Jahre gewidmet hat. Es gelang ihm, Hunde und Affen nach schonender Entfernung des Kleinhirns am Leben zu erhalten. Jede größere Verletzung des Kleinhirns stört die willkürlichen Bewegungen. Einseitiger Verlust stört vornehmlich die Funktionen der gleichen Seite, während Großhirnverluste die andere Körperseite affizieren. Der Lähmung geht eine kurze Erregung (dynamische Phänomene) voraus, während nach *Großhirn*verletzungen vor dem Ausfalle von Funktionen dieselben gehemmt erscheinen. In der zweiten Periode machen sich Ergänzungen geltend, die entweder von den Resten des Kleinhirns ausgehend, (organische Kompensation) die Ausfallerscheinungen mildern, oder mittels abnormer Bewegungen funktionell kompensieren. Ätzungen eines Kleinhirnlappens wirken entgegengesetzt den Abtrennungen. Anstatt unruhig zu sein und zu heulen, sind die Tiere niedergeschlagen. *Pagano* fand, daß wenige Tropfen einer Lösung von Curare (dem indianischen Pfeilgifte, das die motorischen Nerven lähmt) in die *Klein*hirnrinde gespritzt, nach 10 bis 15 Minuten wilde Bewegungsanfälle auslöst. Wenn man die motorische Zone des Großhirns der anderen Seite abgetragen hat, so fallen die Krämpfe der gereizten Seite fort. Statt dieser sieht man Rotationen des Körpers nach der anderen Seite. *Luciani* folgert: Die Operation bewirkt zunächst dynamische (Bewegungs-) Wirkungen. Diese rufen *sensorielle* Störungen hervor: eine Art Schwindel. Ob dies Reiz- oder Lähmungserscheinungen seien, will *Luciani* nicht entscheiden. Hunde, welchen das halbe Kleinhirn genommen, können zuerst die Beine der operierten Seite kaum bewegen: erscheinen hemiplegisch. Nach vier Wochen haben sie Hilfsmuskeln gebrauchen gelernt. Schwimmen können sie viel eher als laufen. Die Gangart ließ *Luciani* durch die in vier verschiedene Farblösungen getauchten Pfoten auf Papierstreifen am Boden markieren.

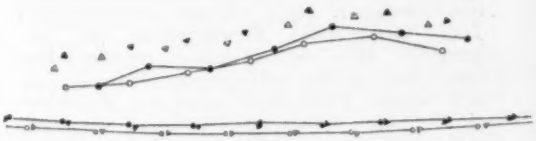

Fig. 2.

Die untere Doppellinie markiert den normalen Gang eines eleganten Spitzhundes; das obere Linienpaar, nebst den Dreiecken darüber, den Gang einer Hündin, zwei Monate nach Entfernung der rechten Kleinhirnhälfte. Die Spuren der Vorderpfoten sind durch kleine Kreise markiert, diejenigen der Hinterpfoten durch kleine Dreiecke. Die Marken der rechtseitigen Pfoten sind leer umrissen, diejenigen der linksseitigen ausgefüllt.

Edle Hunde geben geradlinig geordnete parallele Reihen von Flecken, die zeigen, daß Vorder- und Hinterpfote jeder Körperseite dicht zusammen den Boden treffen, und zwar die linken Pfoten mit den rechten zeitlich alternieren. Minderwertige Hunde zeigen gekreuzten, nicht geradlinigen Gang. Die Hinterpfoten treten seitlich vor die Vorderpfoten. Auch die ganze Gangbahn ist gekrümmt, besonders auffallend bei Tieren mit verbundenen Augen. Wenn die rechte Hälfte des Kleinhirns abgetragen war, so liefen die Tiere noch zwei Monate nach der Operation wie Betrunkene: die Hinterpfoten traten seitlich und vor die Vorderpfoten. Die Gangrichtung schwankte. Nach einem Jahre waren die Fehler gemindert. Mit verbundenen Augen lief ein Hund im Bogen, mit wechselnder Pfotenordnung. Hunde, die Morphium erhalten haben, zeigen: 1. auf der linken Ganglinie nur die Marken von der linken Vorderpfote; 2. die linke Hinterpfote tritt zwischen

die Spuren der rechten Vorderpfote; 3. die rechte Hinterpfote tritt rechts auswärts von den Ganglinien 1 und 2. 14 Monate nachdem das rechte Kleinhirn abgetragen war, wurde die Bewegungsrindenzone der linken Gehirnhemisphäre (Gyrus sigmoideus) entfernt. Danach verlor das Tier wiederum die Fähigkeit, mit den linken Gliedmaßen seinen Körper zu halten. 20 Tage später gelang es ihm, an einen Baum gestützt, sich auf die Beine zu erheben. Vier Monate danach konnte der Hund frei laufen, fiel aber noch oft nach rechts um. Doch schwimmt er gut. Einen Monat später stirbt er, nach wiederholten epileptischen Anfällen. Bei der Obduktion zeigte sich die rechte Hälfte der „Brücke" und die linke Pyramide teilweise geschwunden. *Patrizi* fand bei narkotisierten Hunden die Zuckungskurven von Muskeln der Körperseite, die durch Entfernung der Kleinhirnhemisphäre gelähmt war, ähnlich den Zuckungen der nicht gelähmten Seite. Alle Kleinhirnlähmungen bleiben auf das Gebiet der willkürlichen Bewegungen beschränkt. Die Hunde reagieren 3 bis 4 Monate nach der Operation auf Hautreize gleich unversehrten. Sie wehren Insekten ab. Nur reagieren sie etwas verspätet. Der Muskelsinn (Wahrnehmung veränderter Dehnung) bleibt erhalten. Großhirnverletzungen dagegen stören den Muskelsinn Monate lang. Tiere, denen das ganze Kleinhirn abgetragen worden, bewegen sich ataktisch: gleich Betrunkenen. *Luciani* unterscheidet drei Klassen von Bewegungsstörungen: *Asthenie* (Muskelschwäche), *Atonie* (Mangel an Spannung), *Astasie* (mangelhafte Verschmelzung der Bewegungen). Affen ohne Kleinhirn vermögen ihre hinteren Extremitäten schlechter zu gebrauchen als ihre vorderen. Wenn ihnen außer dem Kleinhirne auch die beiden S-förmigen Windungen des Großhirns (in welchen die meisten motorischen Zentren liegen) fortgenommen worden sind, so können sie zeitlebens (viele Monate lang) sich nicht mehr aufrecht halten, weil sie den Muskelsinn und den Hautsinn verloren haben. Hunde, denen die beiden Kleinhirnhemisphären durch sagittalen Schnitt von einander getrennt worden, so daß die graue Substanz des Wurms (vergl. Fig. 1) sehr verletzt war, zeigen doch nur wenig gestörten Gang. Wenn der ganze Wurm entfernt war, blieb der Lauf länger als zwei Wochen unkoordiniert. Nach einem Monat ist der Gang normal. Das Kleinhirn scheint beiderseits gleichmäßig organisiert zu sein: derart, daß ein abgetrennter Teil durch einen anderen ersetzt werden kann. *Langelaan* konstatierte bei einem nicht operierten Kätzchen Asthenie, Atonie und Astasie. Die Obduktion lehrte, daß die Rinde des Kleinhirns zum großen Teile degeneriert war. Auch Stränge vom verlängerten Marke und vom Rückenmarke waren atrophiert. *Mingazzini* beobachtete bei Menschen mit angeborenen Defekten oder Hemmungen der Entwicklung des ganzen oder des halben Kleinhirns: schwankenden Gang (wie bei Betrunkenen) mit Schwäche der Muskeln auf der gestörten Seite. Ähnliche Störungen treten in Folge beiderseitiger sklerotischer Atrophien auf. So stimmen die Krankheitserscheinungen mit den experimentell verursachten Störungen überein. Wenn die embryonale Entwicklung gestört war, können durch organische Anpassung die Kleinhirndefekte kompensiert werden. Unvollkommene Verstümmelungen können erstaunlich schnell Ersatz finden. So können Entartungsvorgänge unmerklich bleiben, auch wenn nur geringe Reste gesunden Kleinhirngewebes übrig sind. Eines der häufigsten Symptome bei Kleinhirntumoren ist der Kopfschmerz an Stirn, Schläfen, auch am Hinterkopfe; ferner der Schwindel verschiedener Form, oder Ataxie ohne Schwindel. Dieser tritt bei verschiedensten nervösen Affektionen ein. Hierzu gesellt sich nicht selten Erbrechen, das durch Druck auf die hinteren Vierhügel veranlaßt werden kann. Mechanische oder elektrische Reizung der Kleinhirnrinde ließ keine Lokalisationen von Funktionen erkennen. *Pagano* sah, daß Curarelösung, in Kleinhirnrinde gespritzt, wilde Bewegungen hervorruft: einen „Strychnicismus psychicus", der zum Tode führt. Strychnin und Phenol verursachen, auch in großen Dosen, nur unbestimmte Bewegungen. Sichergestellt ist nur, daß lokale Rindenreizung vorwiegend gleichseitige Muskelgruppen bewegen läßt. *van Rynberk* trug bei Hunden, gemäß *Bolks* anatomischer Einteilung, 1. den „lobulus simplex" (Fig. 1, *5*) ab. Danach trat wochenlang transversaler Nystagmus des Kopfes ein, infolge von Astasie der Hals- und Nackenmuskulatur. Bewegungen wie die eines Menschen, der stumm das „nein" markiert. 2. Wenn das „crus primum" (*C I*) abgetragen worden, so erhob der am Brustkasten gestützte Hund (3 bis 7 Tage nach der Operation) auf jeden leisen mechanischen oder akustischen Reiz die Vorderpfote der operierten Seite, ähnlich wie beim militärischen Gruße. Danach stolziert das Tier, die gleichseitige Vorderpfote wie ein schreitender Hahn hebend (Atonie der Pfotenmuskeln). Nach Ausschaltung des „crus secundum" (*C II*), zumal an der Knieverbindung mit dem „lobulus paramedianus", macht sich Asthenie der Muskeln der gleichseitigen Hinterpfote bemerklich, indem die Last des Rumpfes das Bein zusammenknicken läßt. Wenn beide „crura" des „lobulus ansiformis" (*L. a.*) exstirpiert sind, so zeigt sich Hahnengang mit Asthenie und Atonie beider Beine der operierten Seite. 4. Wenn der „lobulus paramedianus" (*L. p.*) ausgeschaltet worden, so wälzt sich das Tier um seine Längsachse, zugleich biegt sich der Oberkörper krampfhaft nach der operierten Seite (Pleurothotonus). Wenn zugleich die „crura lobuli ansiformis (*C I. C II*) entfernt wurden, so waren die Folgen ähnlich wie nach Ausschaltung der ganzen Kleinhirnhälfte, dauern aber nicht so lange. Ähnliches fanden *van Rynberk* und *Vincenzoni* bei Schafen (mit großem lobulus S). *van Rynberk* vervollständigte die Lokalisierungsversuche auf Grund von *Bolks* anatomischer Einteilung. *Luciani* gesteht, daß seine Theorie durch *Bolks* „geniale morphologischen Studien" modifiziert werden könne: derart daß dem Kleinhirne direkte Beziehungen zu gesonderten Muskelgruppen zuzuschreiben seien. Aber auch *Bolk* nehme an, daß die verstärkende Funktion des Kleinhirns überall gleich sei, so daß der Mangel irgendeines lobulus von anderen kompensiert werden könne.

Vom Hauptkerne des Acusticus und von benach-

barten Nervenkernen im verlängerten Marke, sowie durch den inneren Abschnitt des Kleinhirnschenkels zieht die direkte sensorielle Bahn zum Dachkerne des Kleinhirns. Damit vereinigen sich Fasern vom 5., 10. und 11. Hirnnerven. Da nur im Hauptkerne des 8. Nerven (Acusticus) die Fasern des Vorhofszweiges dieses Nerven endigen, so steht das Kleinhirn mit dem Ohre in Verbindung. *Luciani* hebt hervor, daß die Folgen von Zerstörung der inneren Teile des Ohrs ähnlich sind den von Verletzungen des Kleinhirns herrührenden.

Ewald gibt als Folgen von Verletzungen des Ohrlabyrinths an: abnorme Schlaffheit der ruhenden Muskeln, geringe Kraft und verminderte Präzision der tätigen. Diese Änderungen entsprächen der Atonie, Asthenie und Astasie nach Kleinhirnverletzungen. *Luciani* zieht den Schluß, daß das Ohrlabyrinth die Muskulatur vermittelst des Kleinhirns beeinflusse. *Stefani* fand bei Tauben schon 1877, daß die Purkinjeschen Ganglienzellen im Kleinhirne entarten, nachdem man die halbzirkelförmigen Kanäle des inneren Ohrs zerstört hat.

Das Kleinhirn reguliert alle Bewegungen: sowohl in bezug auf Energie, als in bezug auf die Kombination. *Luciani* weist energisch viele unpräzise, sachlich unbegründete Erklärungen der Kleinhirnfunktionen zurück. Das Wesen der Kleinhirnfunktionen wird durch seine Beziehungen zum Großhirne erhellt: Wenn man Kleinhirnteile ausschaltet, so werden die Störungen vermittelst Innervation seitens des Großhirns großenteils ausgeglichen. Wenn aber die S-förmige Windung der Großhirnrinde, mit ihren vielen Bewegungszentren zuvor entfernt war, so ist die Körperhaltung oder der Gang des kleinhirnlosen Tieres gänzlich oder größtenteils gestört. Wenn das halbe *Klein*hirn abgetragen war, so sind die anderseitigen *Groß*hirnzentren zunächst weniger erregbar. Nachdem die Lähmungserscheinungen gemindert waren, zeigten sich die entsprechenden Großhirnzentren erregbarer. *van Rynberk* fand, daß schon das ruhende Kleinhirn normalerweise reflektorisch alle willkürlichen Muskeln tonisiert. Die Hauptsinnesapparate verstärken den Tonus mittels der motorischen Nervenzentren. Während der Bewegungen ist die Hilfe des Kleinhirns zu den cerebralen sthenischen und statischen Impulsen unentbehrlich für die normale Bewegungswirkung und daher auch für das exakte Zusammenwirken der einzelnen Muskeln der Bewegungsapparate. Die Beeinträchtigung oder völlige Vernichtung dieser Einflüsse erklären sämtliche, in ihrer Deutung so sehr bestrittenen, sogenannten cerebellären Ataxie-Erscheinungen. Während man irgend einen Ort der Kleinhirnrinde reizt, bedarf man zur Erregung der motorischen Großhirnzentren minderer Reize. Das Kleinhirn verstärkt also die Erregungen des Großhirns.

Die Bedeutung der Elektrolyte für Lebewesen.

Von Dr. Emil Lenk, Darmstadt.

Die Nahrungsstoffe bestehen aus organischen und anorganischen Substanzen. Durch Verbrennung des organischen Materials im Organismus schafft sich der Körper seine freie und gebundene Energie. Das Wasser ist das Reaktionsmedium, ohne das kein Lebensprozeß möglich ist. Die Aufrechterhaltung einer konstanten Wassermenge wird vom Organismus ängstlich überwacht. Die Bedeutung der anorganischen Salze für Lebensprozesse erscheint zunächst fraglich. Durch die Abgabe der Salze durch verschiedene Sekrete und Exkrete, sowie durch die „Gewöhnung der Zellen an Salze von Jugend auf", ist ihre Notwendigkeit nicht erklärt. Denn wir besitzen zahlreiche Beispiele, die für das unbedingte Bedürfnis der Zellen für anorganische Salze sprechen. Ich erwähne nur, mit welcher Anstrengung und Anwendung aller Kräfte Gemsen und Rehe die steilsten Klippen erklimmen, um nur zu Kochsalz zu gelangen und vor vielleicht 40 Jahren hat *Forster* in einem berühmten Versuche gezeigt, daß Hunde, die mit salzarmem Fleisch genährt wurden, zugrunde gingen. Die Natur sorgt also nicht nur für die Aufrechterhaltung einer konstanten Wassermenge, sondern auch für eine relativ und absolut stets gleiche Salzzusammensetzung der einzelnen Organe und Zellen. Die Lebensprozesse spielen sich in einem kolloidalen Material ab. Die Bedeutung der Salze für Lebensprozesse ist in der Einwirkung auf die Zellkolloide zu suchen.

Ehe man an das Studium der Einwirkung anorganischer Stoffe auf die Zellkolloide herantreten konnte, mußten erst die Beziehungen der Elektrolytlösungen auf einfache Kolloide untersucht werden. Systematische Untersuchungen wurden zuerst von *Franz Hofmeister* und seinen Schülern, sowie von *Wolfgang Ostwald* in Angriff genommen, indem sie Gelatineplatten in Elektrolytlösungen legten und das Gewicht der aufgenommenen Flüssigkeit durch Wägung der Gelatine von Zeit zu Zeit bestimmten. Diese Untersuchungen wurden zwar früh von Botanikern eingeleitet, aber erst spät schlossen sich die Tierphysiologen, durch die Versuche *Hofmeisters* angeregt, diesen Untersuchungen an.

Die Zelle wird aber nicht von der Lösung eines einzelnen Salzes umflossen, sie steht vielmehr unter dem gleichzeitigen Einfluß mehrerer Elektrolyte. Seit langem weiß man, daß eine 1 proz., „physiologische" Kochsalzlösung dem osmotischen Drucke des Zellsaftes gleichkommt und daß diese Lösung die Muskel- beziehungsweise Organtätigkeit längere Zeit erhält; auch als Ersatzflüssigkeit für das Blut kann eine physiologische Kochsalzlösung dienen. Ein weit besseres Ersatzmittel für das Blut als die physiologische Kochsalzlösung haben wir in der Locke- und Ringerschen Lösung kennen gelernt, die alle Blutsalze in ihrer relativen Zusammensetzung enthält. Je nachdem man es mit Kalt- oder Warmblüterorganen zu tun hat, erzeugt man sich eine Lösung, die im Liter 6,5—9,5 g Kochsalz, 0,2 g Kaliumchlorid und 0,2 g Calciumchlorid enthält. Man sieht also schon aus diesem Beispiele, daß die „giftige Kochsalzlösung" durch eine kleine Menge anderer Salze entgiftet werden kann. Schon vor einem Jahrzehnt hat *Jacques Loeb* auf die Bedeutung der Elektrolytkombinationen für Meerwassertiere hingewiesen und *Wolfgang Ostwald* hat diese

Versuche auf Süßwassertiere ausgedehnt. Es ist sehr merkwürdig, daß der Ozean, der eine unendliche Zahl von Tier- und Pflanzenformen birgt — die unvergleichlich reichhaltiger ist als im Süßwasser — die Salze in derselben Relation enthält als sie in der Ringer-Lockeschen Lösung vorkommen. *Loeb* hat seine Versuche an einem marinen Fisch, Fundulus heteroclitus, und dessen Eiern angestellt. Der Fisch legt die Eier ins Seewasser ab, die dort befruchtet werden. *Loeb* zeigte nun, daß die frischbefruchteten Eier sowohl, wie die Fische in doppelt destilliertem Wasser leben können, womit der Beweis erbracht ist, daß das Fischei für seine Entwicklung keinen Seewasserbestandteil braucht. Bringt man aber ein frischbefruchtetes Fundulusei in eine reine Kochsalzlösung von derselben Konzentration, wie dieses im Seewasser vorkommt, so entwickeln sich die Eier nicht. Fügt man aber dieser Kochsalzlösung etwas Calciumchlorid zu, so können die Eier Embryonen bilden. Ein weiterer Zusatz von Kaliumchlorid genügt auch für ein längeres Leben des jungen Fisches.

Diese sowie die Versuche an Pflanzen, die *Osterhout* ausführte, und die den gleichen Charakter wie die von *Loeb* annehmen, konnten auf keinerlei Weise erklärt werden, da bisher die nötigen Untersuchungen von Elektrolytkombinationen auf einfache Kolloide fehlten.

Hier setzen die Untersuchungen ein, die *Lenk* in Gemeinschaft mit *Hugo Brach* ausführte. Wir untersuchten zunächst die Wasseraufnahme, also die Quellung von Gelatineplatten, indem wir sie in bestimmte Salzlösungen legten. Zur Untersuchung kamen zunächst neutrale Chloride, wie Natrium, Kalium, Lithium, Calcium, Magnesium, Bariumchlorid und außerdem Manganchlorür, Quecksilber- und Eisenchlorid. Jedes dieser Salze gelangte in verschiedenen Konzentrationen zur Untersuchung, in $\frac{m}{1}, \frac{m}{5}, \frac{m}{10}, \frac{m}{20}, \frac{m}{50}, \frac{m}{100}, \frac{m}{1000}$. Dabei stellte es sich heraus, daß die zur Untersuchung verwendete 20 proz. Gelatine in den konzentrierten Salzlösungen stärker quoll als in verdünnten. Die Figuren in Tabelle I geben ein Beispiel dafür, wie Gelatineplatten in den betreffenden Kochsalzlösungen quellen. Dieses Resultat steht im Widerspruch zu Versuchen von *Wolfgang Ostwald*, der mit trockener Gelatine arbeitete. Die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Konzentration des Außenmediums ist nach den Ostwaldschen Versuchen viel verwickelter als nach unseren, die aber weit besser den Lebensvorgängen entsprechen, da sich auch die Biokolloide bereits im gequollenen Zustande befinden.

Die weiteren Versuche führten uns dazu, diese Untersuchungen parallel auch aufs lebende Objekt auszudehnen, und zwar einerseits auf verschiedene Süßwassertiere, wie auf Fische, Schnecken, Blutegel, Planarien usw., andererseits auf die Samen von Phaseolus vulgaris. Eine günstige Gelegenheit bot sich zu dieser Untersuchung, als wir einer überaus freundlichen Einladung des Herrn Dozenten *Kupelwieser* (München) Folge leisten konnten, die uns in die biologische Süßwasserstation nach Lunz in Nieder-Österreich führte. Der nahe Lunzer See birgt eine schier unendliche Menge von zu dieser Untersuchung geeigneten Tieren, so daß wir gleichsam zu einer Massenuntersuchung schreiten konnten und nicht befürchten mußten, daß durch die stete Wiederholung der Versuche, die ja selbstverständlich nötig war, ein Mangel am Versuchsmaterial eintreten würde. Am geeignetsten erschienen uns ausgesuchte Exemplare von Phoxinus laevis. Während der Versuche kamen sie zu je fünf in Glasaquarien,

Tabelle I.

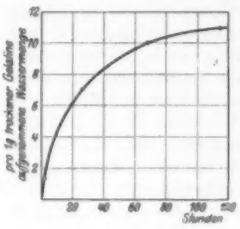

Fig. 1. NaCl $\frac{m}{1}$.

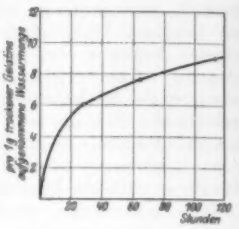

Fig. 2. NaCl $\frac{m}{5}$.

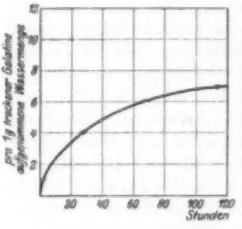

Fig. 3. NaCl $\frac{m}{10}$.

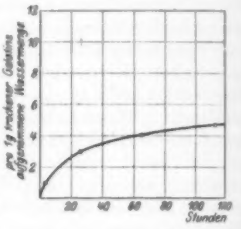

Fig. 4. NaCl $\frac{m}{100}$.

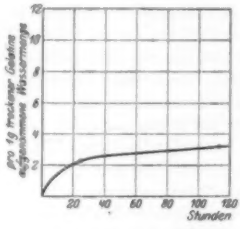

Fig. 5. NaCl $\frac{m}{1000}$.

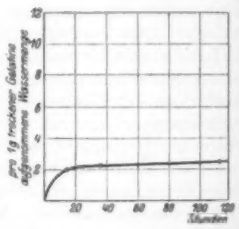

Fig. 6. Dest. Wasser.

die sämtlich zugleich gleichmäßig durchlüftet wurden. Immer wurde ein Doppelversuch ausgeführt. Das Endresultat der ersten Versuche war, daß die Fische in den verdünnten Lösungen länger lebten als in den konzentrierten. Mit den Versuchen an Gelatineplatten verglichen, ergab sich das merkwürdige Ergebnis, daß die Lebensdauer quasi mit der Quellung der Gelatine zu vergleichen wäre, d. h. derart, daß die Lebensdauer von der Wasseraufnahme abhängig wäre. Ein Extrem der Versuchsbedingungen ist im destillierten Wasser gegeben. Und auch hier stimmen unsere Folgerungen, denn

im destillierten Wasser nehmen Gelatineplätten weniger Wasser auf als in Salzlösungen und auch die Lebensdauer der Fische in diesem Medium war eine überaus große. Tabelle II zeigt die Lebensdauer der Fische in verschiedenen Salzlösungen.

Tabelle II

Natriumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	8 St.[1]	∞	∞	∞	∞

Kaliumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	1 St.	5½ St.	27 St.	∞	∞

Magnesiumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	18 Min.[1]	1½ St.	18½ St.	∞	∞

Calciumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	1 St.	∞	∞	∞	∞

Bariumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	½ St.	2 St.	10 St.	55 St.	∞

Wir setzten dann diese Untersuchungsreihen weiter fort und gingen zu Salzkombinationen über. In Tabelle III wird durch die Kurven angedeutet,

Tabelle III.

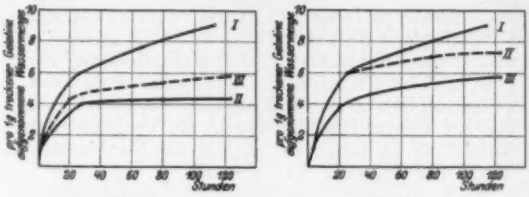

Fig. 7.

Kurve I. $NaCl\ \frac{m}{5}$.
„ II. $MgCl_2\ \frac{m}{100}$.
„ III. $NaCl\ \frac{m}{5} + MgCl_2\ \frac{m}{100}$.

Fig. 8.

Kurve I. $NaCl\ \frac{m}{5}$.
„ II. $CaCl_2\ \frac{m}{50}$.
„ III. $NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{50}$.

wie durch das Hinzufügen eines anderen Salzes die Wasseraufnahme der Gelatine herabgedrückt wird. Es war aber nach physikalischen Gesetzen direkt das Gegenteil zu vermuten, da sich ja der osmotische Druck, Gasdruck usw. additiv zusammensetzt. Man hat ja auch früher mit Unrecht immer vermutet, daß die Lebensdauer der Wassertiere vom osmotischen Druck abhängig sei. Unsere Versuche zeigen aber zum ersten Male, daß zwischen Quellung und Osmose eine Parallelität ganz und gar nicht besteht. Die Versuche an Fischen wären auch hier für die früher erwähnten Folgerungen beweisend, da diese Tiere in bestimmten Salzkombinationen länger lebten als in einfachen Elektrolyten. Die Tabelle IV zeigt die Abhängigkeit der Lebensdauer der Fische in einigen Elektrolytkombinationen. Während also die Fische, um nur ein Beispiel herauszugreifen,

Tabelle IV.

$$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{1000} - \frac{m}{10}$$

Konzentration	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{1000}$	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{200}$	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{100}$	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{50}$	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{20}$	$NaCl\ \frac{m}{5} + CaCl_2\ \frac{m}{10}$
Lebensdauer	3½ T.[1]	2½ T.	2½ T.	22 St.[1]	4 St.	1 St.

$$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{1000} - \frac{m}{10}$$

Konzentration	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{1000}$	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{200}$	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{100}$	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{50}$	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{20}$	$MgCl_2\ \frac{m}{10} + CaCl_2\ \frac{m}{10}$
Lebensdauer	2½ St.	14 St.	25 St.	5 St.	5 St.	1¾ St.

[1]) St. = Stunden, Min. = Minuten, T. = Tage.

in einer $\frac{m}{5}$-Kochsalzlösung in acht Stunden starben, genügt eine Kombination von $\frac{m}{5}$-Kochsalzlösung und $\frac{m}{1000}$-Chlorcalciumlösung, um die Fische drei Tage am Leben zu erhalten. Diese winzige Menge Calciumchlorid im Vergleich zu der relativ gleichsam unendlichen Konzentration der Kochsalzlösung genügt zu deren Entgiftung. Die Entgiftung fällt mit steigender Calciumchloridkonzentration, während bei anderen Elektrolytkombinationen ein Optimum der Entgiftung zu bemerken ist, wie die Kombination $MgCl_2 + CaCl_2$ (Tab. IV) beweist.

Es liegt also ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen Quellung und Giftigkeit vor, der besagt, daß die Lebensdauer desto kürzer ist, je mehr Wasser die Biokolloide aufnehmen. Die Bedeutung der Elektrolytkombinationen für Lebensprozesse ist durch die gegenseitige Entgiftung der Elektrolyte gegeben, die auf die einfache Weise einer Wasseraufnahme erklärt werden kann. Selbstverständlich ist die Zurückführung der Entgiftungsprozesse im Organismus auf Quellungsvorgänge der Zellkolloide nicht die einzige Ursache.

Die Versuche wurden auch auf pflanzliche Kolloide ausgedehnt. Die Samen von Phaseolus vulgaris wurden in denselben Lösungen untersucht wie bei der Gelatine oder den Fischen. Hier ist eine Gesetzmäßigkeit viel schwerer zu konstatieren als bei dem nichtorganisierten Material oder dem organisierten tierischen Kolloid. Äußerst interessant ist allgemein die zeitliche Wasseraufnahme einer Bohne. Die Tabelle V bringt einen Typus von

Tabelle V.

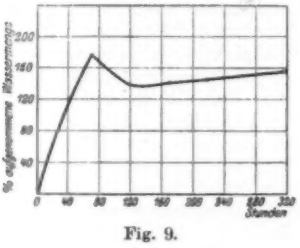

Fig. 9.

Kurven, die den Zusammenhang zwischen Konzentration und zeitlicher Wasseraufnahme zeigt. Dabei ist aber, wie auf den ersten Blick zu ersehen ist, zu bemerken, daß eine Gelatineplatte stets Wasser aufnimmt, während bei einer Bohne die Wasseraufnahme ein Optimum erfährt. Hierauf senkt sich die Kurve und steigt nach einer längeren Zeit wieder auf. Die weitere Verfolgung dieser merkwürdigen Kurve brachte mich auf den Gedanken, daß auch hier ähnliche Prozesse vor sich gehen wie bei der Totenstarre und deren Lösung[1]). Sie verlaufen aber noch komplizierter. Während das Optimum einer Quellungskurve, die vom Fleisch aufgenommen wurde, mit dem tatsächlichen Tode des Muskels im Zusammenhange steht, worauf die irreversible Gerinnung der Eiweißkörper und damit die Lösung der Totenstarre erfolgt, so war auch hier zu vermuten, daß das Optimum der Wasseraufnahme bei einer Bohne ihrem Tode entspricht. Es wurde also die Keimfähigkeit von Bohnen untersucht und parallel hierzu ihre Wasseraufnahme. Es stellte sich nun tatsächlich heraus, daß, während sich die Bohnen auf dem ersten aufsteigenden Zweige ihrer Wasseraufnahmekurve bewegten, sie noch keimfähig waren, daß aber beim Überschreiten dieses Optimums ihre Keimfähigkeit erlosch. Den absteigenden Zweig müssen wir uns als einen Entquellungsvorgang vorstellen und der nochmalige Aufstieg der Quellungskurve entspricht dem Aufquellen eines zweiten Kolloids. Höchstwahrscheinlich ist es so, daß die Samenschale den Grund zur zweiten Quellung darstellt, da samenlose Bohnen einen zweiten Aufstieg der Kurve nicht zeigen. Versuche mit Elektrolytkombinationen an Bohnen führten zu äußerst komplizierten Resultaten, die wegen des doppelten Kolloids vorläufig eindeutig nicht zu erklären sind. Sicher ist es aber, daß man auch bei Bohnen den Tod mit Hilfe ihres Quellungsoptimums bestimmen kann.

Die giftigen Wirkungen einfacher Elektrolyte sind durch allzustarke Quellung der Biokolloide verursacht, die Entgiftung der neutralen Salze durch den Zusatz kleiner anderer neutraler Salzmengen ist durch eine verminderte Quellung der Zellkolloide bedingt. Die Wirkung der rätselhaften, antagonistischen, äquilibrierten Salzlösungen der Tier- und Pflanzenphysiologie kann durch Quellungsvorgänge erklärt werden.

[1]) Im Heft 4 d. J. dieser Zeitschrift ist die Totenstarre als Kolloidproblem erläutert.

Allgemeine Prinzipien der Entwicklung und Vererbung.

Von Prof. Dr. A. Greil, Innsbruck.

(Schluß.)

Aus der Erkenntnis des epigenetischen Charakters der Erwerbungen des ungleichen Teilungswachstumes und der Produktivität des Zellplasmas der Abkömmlinge der Keimzellen ergeben sich, wie wir an anderer Stelle[1]) ausführlicher erörtert haben, die Prinzipien der Vererbung. Wenn die Formgestaltung sich allmählich als Erfolg des mit der Ausgangssituation des polar-bilateralen Eibaues eingeleiteten Ringens ungleichen Wachstums einstellt, welches vom Einflusse aller äußeren und inneren Ausgangsbedingungen und den sich erst während der Entwicklung epigenetisch ergebenden Bedingungen abhängt, wenn die Differenzierungsweisen, die inneren Anpassungen und geweblichen Sonderungen ganz unter dem Zwange der jeweilig epigenetisch gewonnenen Situationen zustande kommen, dann muß jede, auch die unscheinbarste graduelle Abänderung jener Befähigung und Eigenart der erwerbenden essentiellen Zellbestandteile,

[1]) Richtlinien des Entwicklungs- und Vererbungsproblemes. Grundzüge der Morphobiologie und Entwicklungsdynamik. Jena, Gustav Fischer, 1912.

des Kernes und des Protoplasmas und ihrer Sonderungsgebilde, sowie des Assimilationsmateriales der Keimzelle in allen Phasen jenes Ringens und Erwerbens, an allen oder auch nur an labileren Wachstums- und Differenzierungslagen Abänderungen, markante epigenetische Reaktionen bei jenen Gestaltungen zustande bringen. Diese müssen um so mannigfacher und größer werden, je länger das Ringen ungleichen Wachstumes andauert, je mehr verschiedenartige Wachstums- und Differenzierungslagen erstehen. Jede Änderung der Außenbedingungen des Stoffwechsels, wie z. B. der mechanischen (Spannungs- usw.) Verhältnisse der Eihüllen, muß gleichfalls neue, spezifisch zellenstaatliche Mannigfaltigkeit vorbedingen. Schon die Konkurrenz der in derselben Keimstätte schmarotzenden Keimzellen muß Unterschiede zeitigen, die oft erst bei der Begründung und dem Ausbaue eines Zellenstaates in ihren Folgen offenkundig werden. Neben vollgemästeten, bis aufs äußerste dieser vegetativen Tätigkeit sich hingebenden Zellen verlassen kleinere, noch nicht so einseitig gewordene Keimzellen den Eierstock und liefern anspruchslosere, im Teilungswachstum und z. B. hinsichtlich der Kontraktilität tüchtigere Zellenstaaten. Wie Dinophilus apatris zeigt, kann auf solche Weise eine markante sexuelle Divergenz zustande kommen. So wird der Ablauf der Keimesentwicklung im Vergleiche zu einem biologischen Experiment größten Stiles, welches den indirekten Nachweis der geringsten, auch nur graduellen, die Intensität cellulärer Verrichtungen, z. B. des Teilungswachstumes betreffenden Unterschiede der Keimzelle gestattet. Nur unter ganz bestimmten Spannungsverhältnissen, nur bei bestimmter Intensität des Teilungswachstumes können z. B. die einzelnen sich epigenetisch ergebenden Hindernisse und Beengungen im Ringen überwunden und von den rascher wachsenden Zellkomplexen Breschen und Auswege erschlossen werden. Jede Änderung der Intensitäten und Spannungsgrade, insbesondere auch der Spannung der Eihüllen hat Änderungen im Ringen zur Folge und muß neue Mannigfaltigkeit im epigenetischen Wachstum, beim Erwerbe der Formbildungen, sei es günstige Varianten oder Mißbildungen, bedingen. Die hierdurch bedingte grobe Veränderung der einzelnen Wachstums- und Differenzierungslagen muß dann auch zu verschiedener Berufswahl, zu verschiedener situationeller Auslese der Differenzierungsbereitschaft führen und die Mannigfaltigkeit der Gewebsbildung vermehren. Minutiöseste Varianten des cellulären Wirkens, der cellulären Befähigung der Keimzellen verändern nicht die für die Spezies charakteristischen Formerwerbungen (Wachstums- und Differenzierungslagen), sondern bedingen nur individuelle Varianten. Abänderung der primären Differenzierungsbereitschaft der Keimzelle hat naturgemäß nicht so lange andauernde und so nachhaltige Folgen, wie jene des Teilungswachstumes und seiner Bedingungen, weil Veränderungen in der Produktivität des Zellplasmas immer nur in ganz bestimmten Situationen und Lagebeziehungen zur Geltung kommen können. Wirken aber beiderlei Abänderungen zusammen, so wird die Mannigfaltigkeit der kombinierten epigenetischen Reaktionen während der Ontogenese unerschöpflich.

Bei jedem Ringen, in jeder Ontogenese ergeben sich gewisse labile Situationen, in welchen die Vollkraft und die Eigenart vereinter cellulärer Wirksamkeit in besonders auffälliger Weise auf die Probe gestellt und jede geringste Abänderung in zellenstaatlicher Reaktion und Mannigfaltigkeit offenkundig wird. Die phylogenetisch bedeutsamsten und sensibelsten Wachstums- und Differenzierungslagen dieser Art sind die letzten Erwerbungen der Entwicklung, insbesondere die Keimstätten, an deren Ausbau sich die geringsten Grade cellulärer Verschiedenheit der Intensität des Teilungswachstumes und vegetativer Betätigung besonders markant äußern. Unter dem nachherigen Ausgleiche der Befruchtung konnte diese sexuelle Divergenz zwischen großen, vollgemästeten Eizellen und winzigen, schnell beweglichen Samenzellen in der Organismenwelt äußerste Grade erreichen, wodurch die Keimesentwicklung immer mehr verlängert und deren epigenetische Erwerbungen immer komplizierter wurden. Darin besteht die Bedeutung der Befruchtung; ihr Wesen besteht darin, daß sie die sexuelle Divergenz ausgleicht und einseitig differenzierte Geschlechtszellen zu einer vollwertigen Keimzelle vereinigt. Beiderlei Geschlechtszellen, den männlichen und den weiblichen, kommt hierbei in cellulären Noten und Werten ein weittragender Einfluß auf den Ablauf der Keimesentwicklung zu. Da männliches und weibliches Kernmaterial im gleichen Maße am Aufbau des Zellenstaates beteiligt ist, so erscheint beiden Teilen gleicher Einfluß auf das von der Leitung des Kernes abhängige Teilungswachstum und die Produktivität des Zellplasmas gesichert. Väterliches Kernmaterial wird in seinem Einfluß durch das wahrscheinlich enzymatisch den Teilungsmechanismus der Keimzelle und ihrer Abkömmlinge beherrschende gleichmäßig aufgeteilte Mittelstück (Centrosoma) der Samenzellen (Spermocentrum) unterstützt, welches durch seine physikalisch-chemische Reizwirkung auch allein schon die so fein abstufbare Intensität des Teilungswachstums und damit die ganze Kette der epigenetischen Formerwerbungen, die Austragung des epigenetischen Ringens variieren könnte. Das die Zellteilung beendigende Protoplasma, von dessen Stoffzufuhr der Kern abhängig ist, bringt das sowohl zum Teilungswachstum, wie zur cellulären Produktivität nötige Rohmaterial mit und beeinflußt daher alle sich hieraus ergebenden epigenetischen Erwerbungen im Zellenstaate. Da aber alle Differenzierungsweisen von der dirigierenden Tätigkeit des mitarbeitenden Kernes und seiner Derivate abhängig sind, so kann männliches Kernmaterial in günstigen Fällen seine Eigenart auch gegen artfremdes weibliches Protoplasma und Rohmaterial durchsetzen, wenn es in unzähligen Teilungen gleichmäßig auf alle Zellen des republikanischen Staates verteilt worden ist. Die wichtigste richtunggebende Komponente der Ausgangssituation des Ringens, die Befähigung zum un-

gleichen Wachstume wird jedoch von der Eizelle bestimmt. Auch die wichtigsten Außenbedingungen schafft der mütterliche Organismus, dem somit, wie auch die Parthenogenese lehrt, ein viel größerer Einfluß auf die Entwicklung zukommt, als den Samenzellen, die in erster Linie die sexuelle Divergenz bei der Fortpflanzung ausgleichen, die Nachteile exzessiven Eiwachstumes aufheben.

Wenn wir nun sehen, daß alle die Formerwerbungen der Keimesentwicklung, alle die zellenstaatlichen Gestaltungen in keiner Weise in der Keimzelle als solche vorgezeichnet und determiniert sein können, so kann dies auch nicht für deren Varianten angenommen werden. Stets hält sich aber die durch die Geschlechtszellen vermittelte Veranlagung zum epigenetischen Erwerbe zellenstaatlicher Mannigfaltigkeit und Eigenart in spezifisch cellulären Grenzen und Werten. Es kann nicht genug betont werden, daß keine einzige jener zellenstaatlichen Entscheidungen und Erwerbungen und ihrer Varianten in den Geschlechts- und Keimzellen irgendwie als solche präformiert und qualifiziert sein kann.

Die Vielseitigkeit des cellulären Lebens und seiner Anpassungsweisen an die Umwelt, die Variierbarkeit cellulärer Gebilde und Größen, Werte und Wirkungsweisen, welche bereits in der cellulären Produktivität der Einzelligen so mannigfach zutage tritt, sowie die große Variierbarkeit äußerer Entwicklungsbedingungen begründen beim Erwerbe des Teilungswachstums in dauerfähigem, geschlossenem Verbande, bei der Bildung und dem Ausbaue der Zellenstaaten den unerschöpflichen Formenreichtum des Metazoenreiches. Je länger die Entwicklung, insbesondere das Ringen ungleichen Teilungswachstumes andauert, je mehr Situationen sukzessive geschaffen werden, in denen die Produktivität des Zellplasmas sich vielseitig äußern und anpassen kann, um so reicher und variabler und sinnenfälliger wird die Formengestaltung im Vergleiche zu den minutiösen, oft nur graduellen, quantitativen Varianten der Ausgangssituation der Keimzellen. Die Mannigfaltigkeit der Anpassungsweisen und der Erwerbungen während des Freilebens, insbesondere der cellulären Produktivität, wirkt dann, soweit sie den Stoffwechsel verändert, auf das Wachstum der Geschlechtszellen, womit dann die Veranlagung ihrer Abkömmlinge zum leichteren Erwerbe derselben Anpassungs- und Differenzierungsweisen stabilisiert wird. Die Intensität und Ausdauer des Teilungswachstumes kommt stets in erster Linie als formbestimmendes Moment in Betracht. Neben der variablen Art des Eiwachstums und seiner Nebenumstände ist stets auch die Abscheidung und Beschaffenheit der Eihülle nebst anderen vom mütterlichen Organismus bestimmten Außenbedingungen der Entwicklung eine für die Formbildung und damit indirekt auch für die situationelle Auslese der Differenzierungsbereitschaft sehr wesentliche Vorbedingung. Veränderungen der intrauterinen Stoffzufuhr und der Gestaltung des Fruchtträgers können bei viviparen Formen den Erwerb neuer Mannigfaltigkeit bedingen. — Neben der Veränderung der Außenbedingungen des Freilebens hat die Befruchtung durch Mischung cellulärer Qualitäten das Ausmaß der Variabilität wesentlich erhöht; in erster Linie besteht jedoch, um dies nochmals hervorzuheben, ihre Bedeutung darin, daß sie eine so weitgehende sexuelle Differenzierung zum größten Vorteile der Verlängerung und Komplikation der Keimesentwicklung, der Mannigfaltigkeit ihrer Erwerbungen ermöglicht hat. Nicht der quantitative Gewinn an mitarbeitendem Kernmaterial, auch nicht die Qualitätenmischung der Kerne, sondern die Teilungserregung der vollgemästeten Eizelle, welche bei den hochgradig inäqualen Richtungsteilungen ihre Ohnmacht zur Durchteilung bekundet hat, steht im Vordergrunde. Deshalb kann die Befruchtung mit Samenzellen, deren Kerne durch Radiumbestrahlung zerstört worden sind, nicht als künstliche Parthenogenese gelten, sondern nur als Minimalbefruchtung bezeichnet werden, weil in der Samenzelle für die Entstehung eines Vertreters der Spezies viel wichtigere und resistentere andere Gebilde vollwirksam geblieben sind.

Je länger die Keimesentwicklung währt, um so reichlicher wird die Gelegenheit zur Variation, um so labiler werden die zuletzt erworbenen Situationen, um so exakter und feinfühliger sprechen sie sozusagen auf die geringste Änderung im cellulären Betriebe und Stoffwechsel und der cellulären Erwerbsfähigkeit an. Den Höhepunkt erreicht diese Variabilität am Menschen, und zwar vor allem an dessen höchstgezüchteten Formationen, deren Entstehung und Variabilität jedoch von genau denselben Gesichtspunkten als das Werk und der Erwerb der Epigenesis zu analysieren ist, wie ein primitiver Urdarm oder wie die einfachsten Bildungen der Keimblätter, die ersten Sonderungen und Erfolge im Ringen. Ebenso wie die einfachen und in ihren Bedingungen leicht überblickbaren Erwerbungen der ersten Entwicklungstage, müssen auch die letzten Etappen des damit eingeleiteten Ringens auf die Wachtumsdynamik und die histogenetischen Bedingungen der Entfaltung anderer cellulärer Fähigkeiten erforscht werden. Die durch die Übung des täglichen Lebens so fein beobachteten Varianten der Gesichtsbildung oder der Gestaltung der Hand des Menschen kommen prinzipiell nicht anders zustande, als z. B. jene der Aufknäuelung der Vorniere der Anamnierembryonen. Weder die Nasenbildung, noch die Papillenreihen des Handtellers, der Fußsohle oder die Einzelschlingen des primären Harnleiters sind in der Keimzelle irgendwie vorgezeichnet, sondern nur letzte epigenetische Erwerbungen, Folgezustände und Reaktionen feinster Nuancen der Befähigung zu ungleichem Wachstume.

Aus den Varianten der Formbildung anfangs gleichartiger, ungleich schnell sich vermehrender und unter verschiedenen Bedingungen wachsender Zellen und ihrer situationellen Anpassung ergeben sich dann graduell oder essentiell verschiedene Varianten der Funktion, welche an den höchstgezüchteten Organen, insbesondere am Gehirne äußerste Grade und große Divergenzen erreichen

können. Auch für die Analyse dieser Funktionen, insbesondere der intellektuellen Leistungen und psychischen Varianten liefert die Erkenntnis des epigenetischen Charakters der Erwerbung des Substrates die Richtlinie der physiologischen Betrachtungsweise dieser Erwerbungen. So wie die zellenstaatliche Gestaltung ist auch die zellenstaatliche Funktion der Erfolg der Epigenesis, zellenstaatlicher Wirksamkeit und Erwerbsfähigkeit. Wenn die Analyse der Entwicklung ergibt, daß der Erwerb der einzelnen Formbildungen und Differenzierungen nicht das Werk von organbildenden und zellenstaatlichen Anlagesubstanzen ist, dann erscheint es auch vollkommen müßig, Varianten solcher organoplasmatischen Vererbungssubstanzen als Plassonten für die Varianten solcher epigenetischer Erwerbungen und Reaktionen anzunehmen, oder deren zellenstaatliche Funktionsweise irgendwie substantiell oder auf vitalistischer Grundlage in der Keimzelle zu determinieren.

In der Keimzelle besteht also nur in zweierlei Hinsicht eine Veranlagung, erstens zu ungleichem Wachstum der Abkömmlinge, wobei bei geschlechtlicher Fortpflanzung der Eizelle ein eminenter richtunggebender Einfluß auf die Entwicklung zukommt, und zweitens die Eignung zu geweblicher Differenzierung, welche auch vom aufgespeicherten oder zugeführten Rohmaterial, also ganz erheblich von mütterlichem Einflusse abhängt. Kern und Protoplasma und ihre Derivate (Emissionschromatin, Chromidialapparat, Plastosomen) spielen zugleich mit Außenbedingungen bei der Austragung jenes Ringens wie bei den geweblichen Sonderungen eine wesentliche, von beiderlei Geschlechtszellen vertretene Rolle im Vererbungsphänomen. Ein drittes, nämlich eine Präformation oder Determination, eine Vertretung zellenstaatlicher Werke in irgendwelcher Form, gibt es in der Keimzelle nicht. Die vergleichende Analyse der Mannigfaltigkeit und verschiedenen Wirksamkeit der beiden Hauptfaktoren der Entwicklung hat deren epigenetisches Wesen zu ergründen, womit zugleich die Vererbungsweise aufgeklärt wird.

Der Vergleich der Ontogenese niederer und höherer Formen, der wichtigsten und verläßlichsten stammesgeschichtlichen Dokumente der Vergangenheit im Sinne des biogenetischen Grundgesetzes *Ernst Haeckels* wird erst dann vollwertig und begründet, wenn die Entwicklungsdynamik, die Dynamik der physikalischen und chemischen Bedingungen und Erscheinungen des ungleichen Teilungswachstumes im Verbande sowie der Produktivität des Zellplasmas analysiert und alle inneren und äußeren Bedingungen, welche die celluläre Arbeit bei der Begründung und dem Ausbaue eines Zellenstaates, insbesondere bei der Verlängerung und Komplikation jenes vielseitigen Ringens beherrschen, ermittelt sind. Daraus ergibt sich die volle Würdigung des allmählichen phylogenetischen Erwerbes cellulärer Hochzucht und günstigster Wachstums- und Differenzierungsbedingungen sowie der weittragenden Bedeutung dieses Kardinalerbes der Vergangenheit. Die Erwerbungen im großen System der Metazoenwelt, insbesondere die grundlegenden epigenetischen Erwerbungen und Sonderungen des Teilungswachstumes bei der Schaffung der Organisation des Zellenstaates, ihre Bedingungen und fundamentalen Varianten, ihre stammesgeschichtliche und prospektive Bedeutung stehen im Vordergrunde der vergleichenden Analyse der Entwicklung. Die Analyse der individuellen Varianten und ihrer Ererbungsweise bildet dann den Schlußstein der biogenetischen Forschung, insbesondere der Vererbungswissenschaft, welche nur dann von beklemmender Einseitigkeit freizuhalten ist, wenn stets der Blick auf die Gesamtheit und den stammesgeschichtlichen Erwerb gerichtet ist. Erst wenn die ganze Kette der im Laufe der Keimesentwicklung bei der Entstehung der einzelnen Organe und Formationen sich ergebenden Wachstums- und Differenzierungslagen lückenlos analysiert ist, werden wir ermessen können, welche Reihe von epigenetischen Folgeerscheinungen und Reaktionen die geringste, auch nur graduelle Abstufung cellulärer Qualitäten und Leistungsfähigkeit, z. B. der Intensität des Teilungswachstums an den im Ringen sich auf allen Linien einstellenden Wachstums- und Differenzierungslagen, bedingt; dann erst werden wir, frei vom Banne entwicklungsmechanischer Spekulation, einen tieferen Einblick in das Wesen der Vererbung gewinnen, das Ererbte qualifizieren und von epigenetisch Erworbenem unterscheiden und sodann das reiche, statistisch gesichtete Beobachtungsmaterial der Vererbungserscheinungen wissenschaftlich verwerten können.

Die großen Schwankungen der norddeutschen Seen.

Von Geh. Hofrat Prof. Dr. E. Geinitz, Rostock.

Die Perlen unserer norddeutschen Landschaft, die *Seen* in ihrer unendlich mannigfaltigen Gestaltung, ihren bezaubernden landschaftlichen Reizen — ein Teil wird jährlich von Tausenden besucht und bewundert, ein anderer Teil liegt noch „unerschlossen“ in einsamer Naturschönheit verschont von der brutalen Touristeninvasion — sind in den letzten Dezennien Gegenstand eingehender wissenschaftlicher Erforschung geworden. Ihre Tiefen werden ausgelotet, ihre Lebewesen beobachtet, Beziehungen zu ihrer Vergangenheit aus dem Ende der Eiszeit aufgefunden.

Ihre Abkömmlinge, die *Moore*, locken den großen Menschenschwarm weniger an, doch haben auch sie längst das Verständnis der Naturforscher gefunden, insbesondere der Botaniker konnte auch hier wichtige Beobachtungen anstellen und er fand hier ebenfalls „Relikte“ der Eiszeit, ebenso wie man sie in den Seen nachgewiesen hatte. Und als man dann den Torf selbst untersuchte, fanden sich die wertvollsten Nachrichten über die geologische Geschichte unseres Landes. Ich möchte hier über einige neue Untersuchungen an mecklenburgischen Seen und

Mooren berichten, deren Ergebnisse auch für das übrige norddeutsche Tiefland von Bedeutung sind.

Unsere *Seen* sind Wasseransammlungen in Bodenvertiefungen verschiedener Entstehungsart. Ihr Bodenrelief ist von der mannigfaltigsten Gestaltung, von der einfachen Teller-, Napf- und Wannenform bis zu dem wirren Durch- und Nebeneinander von Löchern, Rinnen und anderen Hohlformen. An manchen Stellen reicht ihr Boden bis unter den gegenwärtigen Meeresspiegel. Im wesentlichen verdanken sie der Erosion, Evorsion oder dem Stau der Schmelzwässer, teilweise auch dem Gletschereis selbst ihre Bildung (abgesehen von wenigen Ausnahmen tektonischer Bildungen, wozu auch die Pingen zu rechnen sind). Nach ihrer Entstehung kann man folgende Formen unterscheiden: Sammel- und Muldenseen (mit den sogenannten Grundmoränenseen), Stauseen, Durchbruchseen (mit Rinnen-, Wannenseen), Zungenbeckenseen, unbedeutend treten dazu die Pingen, tektonischen und Haffseen. Viele der größeren Seen stellen Kombinationen von nebeneinander liegenden Einzelbecken dar, die nur unter einem gemeinsamen Wasserspiegel vereinigt sind, sie würden sich bei Absinken des Wasserspiegels in eine Summe von Einzelseen auflösen.

Ihr gegenwärtiges Dasein verdanken die Seen den heutigen Grundwasserverhältnissen und dem Abfluß resp. Aufstau, also den heutigen Klima- und orographischen Bedingungen. Den Einfluß der ersteren ersah man z. B. wieder gut in dem trockenen Jahre 1911; noch bis im folgenden Jahre war überall der Spiegel um mindestens $^1/_2$ m gesunken, breites Vorland, manche Untiefe und Landzunge traten hervor. Der Einfluß des zweiten Faktors ist am besten zu erkennen an den verschiedenen Stauen, welche die Wasserverwaltung sorgfältig angebracht hat und ohne welche gar mancher See verschwunden wäre. Gerade dieser Faktor ist von großer Wichtigkeit und der erfahrene Wasserbautechniker weiß sehr wohl, daß unsere Seen keine unerschöpflichen Behälter sind, daß Kanalprojekte und Grundwasserentnahmen damit als maßgebende Ziffer zu rechnen haben; wir werden im zweiten Teil dieser Abhandlung ihn nochmals betonen müssen.

In Vorzeiten war der Spiegel der Seen viel höher. Weites Ufervorland, deutliche mehr oder weniger weit ab vom heutigen Ufer gelegene Uferböschungen lehren dies auf den ersten Blick. Auch die Zahl der Seen war größer: die heutigen Wiesenflächen waren ehedem glänzende Wasserspiegel. Allbekannt ist auch, daß die Täler unserer Ströme und Flüsse heute viel zu weit sind für die sie durchfließenden Wassermengen; auch hierin erkennen wir eine ehedem größere Wassermenge. Viele weite sandige ebene Flächen müssen wir als Boden von alten Staubecken ansprechen.

Kolossale Wassermengen waren es also, welche damals, am Schlusse der Eiszeit, zur Verfügung standen, welche die Bodenformen austiefen und füllen konnten; es waren die Schmelzwässer des Inlandeises. Aber mit der einmaligen Lieferung dieser Massen war es dann auch nach dem Verschwinden des Eises zu Ende. Die zuerst vielleicht noch stärkeren Schnee- und Regenniederschläge reduzierten sich ebenfalls und das heutige Klima setzte ein, die Seebecken und Täler schrumpften auf ihr heutiges Ausmaß zusammen und wir sind auf die gegenwärtigen Verhältnisse angelangt.

Zahlreiche Untersuchungen, besonders an den Torfmooren, haben aber gezeigt, daß dieser Übergang in die heutigen Verhältnisse kein allmählicher gewesen ist, sondern daß in der Geschichte der Torfmoore und Seen eine wiederholte Unterbrechung zu konstatieren ist. Verschiedentlich sind die Deutungen jener Vorgänge, die man meist auf Schwankungen des Klimas in der postglazialen Zeit zurückführt, von der Theorie *Axel Blytts*, der seit der Eiszeit bis zur Gegenwart einen Wechsel von fünf Trockenperioden (kontinentalen) und vier feuchten (insularen) annimmt, bis zu derjenigen von *C. Weber*, der auf Grund des sogenannten Grenzhorizontes in den Hochmooren wenigstens *eine* Klimaunterbrechung behauptet. Bei den Arbeiten des Stockholmer Geologenkongresses war diesem Thema ein breiter Raum gewidmet[1]). Torfmooruntersuchungen mecklenburgischer Moore haben nun eine neue Tatsache gefördert, auf Grund deren wir vielleicht von der Annahme regionaler Klimaschwankungen absehen können.

Doch kehren wir zunächst nochmals zu unseren offenen Seen zurück. Bei vielen Seen (auch trocken gewordenen Staubecken) erkennt man an dem Vorkommen von *Terrassen*, daß die Becken ruckweise entleert oder erniedrigt worden sind. Diese Vorkommen sind in den allermeisten Fällen so zu erklären, daß das Wasser angestaut war und infolge Durchbruchs des Staus (in naher oder weiter Entfernung) plötzlich auf eine niedrigere Spiegellage gelangte. Sehr verschiedenartig werden die lokalen Bedingungen für solche Durchbrüche und Wasserabzüge gewesen sein. Als ein Beispiel der verschiedenen Fälle mag hier die Untersuchung an den sog. Oberen Seen Mecklenburgs mitgeteilt sein.

Die Oberen Seen liegen auf der mecklenburgischen Seenplatte zwischen den beiden Hauptendmoränen, ihr Wasserspiegel etwa auf 62 m. Ihre Tiefenverhältnisse sind durch die Arbeiten von *Peltz* und *Portmann* bekannt. Ihre Entwässerung zur Elbe erfolgt durch den vielfach gewundenen Tallauf der Elde. Hier waren mir schon lange eigentümliche, auffallende, z. T. übereinander befindliche Terrassen bekannt, die jetzt im Zusammenhang von *H. Ahrens* untersucht worden sind[2]). *Ahrens* konnte an diesen Seen drei Terrassen nachweisen, in der Höhe von 10, 6,5 und 3,5 m über dem heutigen Wasserspiegel, außerdem noch eine jungalluviale 1,5—2,3 m über demselben. Die hohen Wasserstände, welche die älteren Terrassen gebildet haben, waren nur auf ganz kurze Zeit beschränkt;

[1]) Die Sammlung der Berichte ist in dem großen Buch „Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit", Stockholm 1910, veröffentlicht. Vergl. auch Zeitschr. d. d. geol. Ges. 62, 2, 1910.

[2]) *H. Ahrens*, Terrassen an den Seen Mecklenburgs. Archiv Nat. Meckl. 67, 1913.

die höchste Marke, gewissermaßen nur durch einen plötzlichen Wasserschwall hervorgerufen, im Maximum der Abschmelzung, sank schnell bis auf den 6,5 m-Stand, dessen Bildung noch in die Zeit dieses Wasserschwalles fiel, aber etwas längere Zeit anhielt; in einer dritten Phase stellte sich das Niveau auf die untere Terrasse von 3,5 m ein; die größere Häufigkeit ihrer Terrasse und das Vorkommen von Sanden auf derselben entspricht einer längeren Dauer.

Der Grund des ruckweisen Fallens jener höheren Wasserstände ist leicht ersichtlich: plötzliches Ablassen der Gewässer infolge von Durchbrüchen stauender Eisrandlagen in näherer oder größerer Entfernung in der Abschmelzperiode und damit verbundene Bildung von Erosionstälern in dem komplizierten Abflußgebiete. Es sind leicht verständliche Vorgänge, die in den verschiedenen Gegenden mächtiges Durchbruchstal zu finden, im Gegenteil man hat sogar den Eindruck, als münde der Fluß in umgekehrter Richtung durch eine deutliche Deltalandschaft in den Plauer See ein. In der Tat findet sich dort unter dem heutigen Wasserspiegel auf weite Erstreckung ein Torfmoor, dessen nähere Untersuchung den Nachweis eines früheren niedrigeren Wasserstandes ergeben hat; ferner begleiten das Eldetal in der Gegend von Plau keine Terrassen; erst weiter abwärts, hinter einer als altes von Gletscherströmen genährtes Staubecken erkannten Niederung zwischen Wessentin und Kritzow treten wieder Terrassen längs des Eldeufers auf, die über Parchim bis zur Lewitzniederung verfolgt sind. Die alte Elde hatte sonach in dem früheren Stadium ihren Ursprung erst in diesem Staubecken und floß von da westwärts zur Lewitz; erst in der Phase 4 erfolgte eine Entleerung dieses Stausees nach Osten

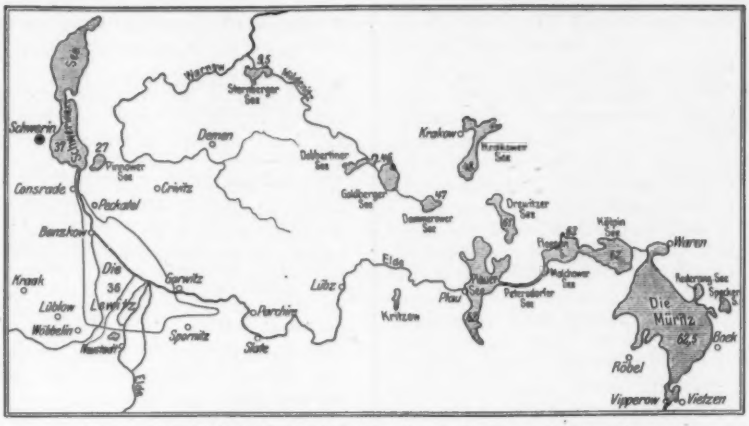

Fig. 1. Der Eldelauf zwischen den oberen Seen und der Lewitz.

durch Lokaluntersuchungen festzustellen sind, ebenso wenn es sich etwa um Senkungserscheinungen im Gebiete des Ablaufes handelt.

Auf Grund anderweiter Beobachtungen, die sogleich mitgeteilt werden sollen, nimmt *Ahrens* für die oberen Seen als vierte Phase eine Absenkung des Spiegels von 2—3 m *unter* die heutige Spiegellage an. Es wird noch Aufgabe weiterer Arbeiten sein, an unseren Seen Terrassenreste dieser Zeit nachzuweisen, ich bin überzeugt, daß man sie bei genauer Prüfung vielfach noch auffinden wird. Auf diesen Tiefstand folgte als fünfte Phase ein erneutes Ansteigen des Wassers; dasselbe wurde an vielen Stellen nachweislich in historischer Zeit künstlich durch Staue vergrößert, bis dann später durch Kanalanlagen u. dergl. eine Senkung die jungalluviale, weit verbreitete Terrasse schuf.

Durch die Annahme eines tieferen Wasserstandes (Phase 4) erklärt sich vortrefflich eine jedem Beschauer auffallende, zunächst widerspruchsvoll erscheinende Tatsache im Gebiet der oberen Seenplatte: Bei dem Austritt der *Elde* bei Plau aus dem Plauer See ist man verwundert, kein und schuf das wenig scharf ausgeprägte Tal nach Plau hin, mit einer Deltabildung bei der Mündung. Während der folgenden Phase 5 des langsamen Ansteigens erfolgte die Umkehr des Wasserlaufes in die heutige O-W-Richtung und die langsame Austiefung der einzelnen Querverbindungen der früheren Gletscherstromrinnen, deren Reste sich an dem stark gewundenen Verlauf des mittleren Eldetales beteiligen.

Auf den Nachweis eines *tiefsten Wasserstandes* in der vierten Phase, wo derselbe tiefer lag als der heutige, müssen wir sonach besonderes Gewicht legen. Diesen Nachweis hat *R. Stahl* in seiner Dissertation über Aufbau, Entstehung und Geschichte mecklenburgischer *Torfmoore*[1]) erbracht. Die mecklenburgischen Hochmoore und Flachmoore geben in ihrem Aufbau ganz deutliche Anzeigen wiederholter Spiegelschwankungen der Gewässer. Übereinstimmend konnte in allen untersuchten Mooren ein sehr hoher Wasserstand aus der Abschmelzperiode nachgewiesen werden, nach dessen

[1]) Mitteilungen d. meckl. geol. Landesanstalt 23, 1913.

Verschwinden aber die Entwicklung der Moore nicht in normaler Weise weiter vor sich gegangen ist. Vielmehr ergaben sich wiederholte Schwankungen (eine erste bedeutende Erniedrigung des Wasserspiegels und eine folgende bedeutende Erhebung desselben, sowie spätere, vermutlich auf die Einwirkung des

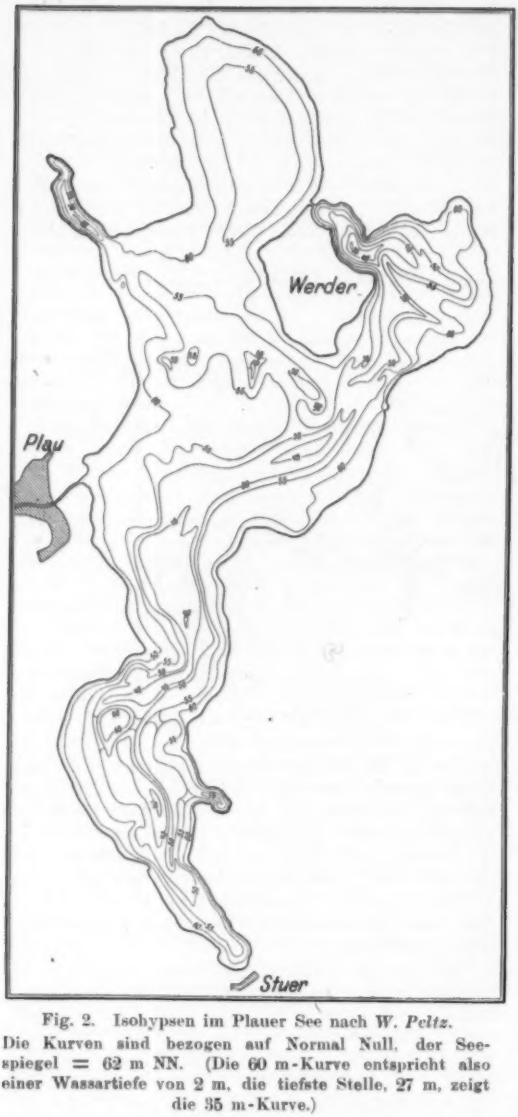

Fig. 2. Isohypsen im Plauer See nach *W. Peltz*. Die Kurven sind bezogen auf Normal Null, der Seespiegel = 62 m NN. (Die 60 m-Kurve entspricht also einer Wassartiefe von 2 m, die tiefste Stelle, 27 m, zeigt die 35 m-Kurve.)

Menschen zurückzuführende kleinere Anstaue und Absenkungen).

An den Moorprofilen des *Warnow*tales hat *Stahl* sehr schön die Geschichte dieses Flusses ermitteln können:

Bei Huckstorf, 14 km oberhalb Rostocks (wo der Durchbruch aus dem ehemaligen Zungenbeckental erfolgte), fand er auf dem sandigen Untergrund zunächst einen stark zersetzten Caricetumtorf, bedeckt von Kalk- und Torfmudde, auf welche wieder Phragmites- und Carex-Torf folgt. Es ergab sich daraus, daß zuerst der Wasserstand der Warnow dort etwa 8 m niedriger gewesen sein muß; an den tieferen Stellen siedelten sich Seggen an, stark vergesellschaftet mit Hypnum, unter den Bäumen war Kiefer und Birke am häufigsten. Ein Steigen der Warnow muß darauf eine weitgehende Überschwemmung der Seggenwiesen verursacht haben, so daß sich am Grunde des Stauwassers eine Kalkmudde absetzte, die allmählich in Torfmudde überging. Die Erle begann sich mächtig auszubreiten. Die Verlandung verlief in normaler Weise weiter, bis eine abermalige Erhöhung des Wasserspiegels um 1 m eine erneute Versumpfung schuf, die an Stelle des stark zersetzten Caricetumtorfes wieder weniger zersetzten Hypnetum-Phragmiteto-Caricetum-Torf bildete.

7 km weiter oberhalb, bei Schwaan, erscheint eine ähnliche Schichtenfolge, nur ohne Kalkmudde; auch hier wird der Wasserstand zuerst um ca. 7 m niedriger gewesen sein als gegenwärtig. Noch 25 km südlich hiervon, bei Warnow, nahe dem südlichen Anfang des Zungenbeckens, lehrt das Vorkommen einer unteren Caricetumtorfschicht ähnliches; die Verlandung schritt von den Seiten schnell vor, so daß sich bald über der Torfmudde aus der Überschwemmungszeit wieder Carextorf bilden konnte.

Etwas anders sieht es in der Gegend von Rostock aus. Hier ist die Mudde brackisch, aber es fehlt unter ihr der Carextorf (vielleicht ist er und eine unterste Süßwassermudde der Erosion anheimgefallen).

Die Profile lehren uns folgende Geschichte des Warnowtales: Alsbald nach dem Rückzug der Eisdecke wurde die in und am Ende der Eiszeit gebildete breite und tiefe Niederung trocken gelegt, nur ein dünner Wasserfaden schlängelte sich von Warnow bis nach Huckstorf durch Seggenwiesen, während unterhalb sich der Fluß seeartig erweiterte, ähnlich wie die heutige Unterwarnow zwischen Warnemünde und Rostock. Eine Katastrophe brachte die Gewässer in dem Tale zum Steigen; in dem tieferen Wasser entwickelte sich über dem alten Carextorf reiches Planktonleben mit massenhaften Diatomeen, Chara bewirkte an geeigneten Stellen die Abscheidung der Kalkmudde. Alsbald aber rückten wieder energische Verlander wie Schilf und Potamogeton vor, es bildete sich eine Schneckenmudde, während weiter oberhalb nur eine Torfmudde abgelagert wurde. Die Warnow glich damals einer ca. 56 km ins Land eingreifenden Föhrde. Verschieden schnell, entsprechend der verschiedenen Tiefe, ging darauf die Verlandung vorwärts, in normaler Weise rückte bei Huckstorf in dichten Beständen ein Schilfröhricht heran, unter dessen Begleitern bald Carex die Oberhand gewann. Nach dieser langen Zeit rief eine abermalige Hebung des Wasserspiegels

(vielleicht infolge künstlicher Anstaue) eine weitgehende Versumpfung der Warnowwiesen hervor und es begannen wiederum Schilf und Braunmoos neben Carexarten sich auszubreiten.

Diese wechselvolle Geschichte des Warnowtales hing offenbar mit der Entwicklung des *Ostseebeckens* zusammen. Der Ancyluszeit würde der Tiefstand entsprechen. Zu jener Zeit war das breite Warnowtal fast trocken, die Flächen unserer Seen waren bedeutend kleiner als gegenwärtig. Vielfach stellten sie dabei mehrere durch alluviale Zuwächse oder Untiefen getrennte Becken dar. Infolge der Litorinasenkung drangen die Fluten der Ostsee in die bis dahin wasserarmen Flußtäler der nördlichen Abdachung der Seenplatte ein und bewirkten im Unterlauf die brackischen Ablagerungen und weiter einen gewaltigen Rückstau aller Täler des Oberlaufes, sowie aller irgendwie nach nördlicher Richtung entwässernden Niederungen.

Im Binnenland mußte infolge der veränderten Vorflutverhältnisse ein Anstauen des Grundwassers und der Wasserreservoire in den Seen und Söllen stattfinden.

Eine besonders interessante Entdeckung wurde am *Drewitzer See* gemacht. Auch dort fand sich Kalkmudde auf Caricetumtorf als Beweis eines auf 5—6 m zu schätzenden Aufstaues nach der früheren Lage zur Zeit der älteren Torfbildung. Zahlreiche auf einer Insel im See gefundene jungsteinzeitliche Artefakte deuten darauf hin, daß dieser Stau unmittelbar am Ende des Neolithikums erfolgt ist.

Auch in den *oberen Seen*, sowie im *Teterower* See zeigt das Profil: Kalkmudde über stark zersetztem Caricetumtorf ein bedeutendes Steigen des Wasserstandes zu jener Zeit (um 3—5 m).

An den mecklenburgischen *Hochmooren* ist ebenfalls der genannte Einfluß nachweisbar: Ein erhöhter Grundwasserstand schuf den Sphagnen ein zweites Mal günstigere Lebensbedingungen, so daß sich über dem älteren ein jüngerer, wenig zersetzter Sphagnumtorf bildete.

Die Geschichte unserer Moore ist somit nicht so einfach, wie man sie bisher annahm: Man sagte, die Moore waren einst wasserbedeckte Niederungen (Seebecken oder Flußtäler), geschaffen in der Hauptsache durch die Schmelzwässer der abziehenden Eisdecke; durch ein allmähliches Versiegen der Wassermenge entwickelten sich dann die Torfmoore. Jetzt muß man sagen: Die Moore sind *nicht* der *unmittelbare* Rest der einstigen erstmaligen Wasserflächen, sondern viele der Niederungen wurden nach dem Rückzug des Eises ganz oder teilweise trocken gelegt oder die Torfbildung war wenigstens stark eingeschränkt. Die Betten der einst reißenden Ströme wurden zu groß für die durchgehenden Gewässer, die früheren Depressionen und Inundationsflächen wurden trocken gelegt oder zeigten wenigstens stark zusammengeschrumpfte Wasserflächen, der Wind blies den trockengelegten Talsand zu Dünen auf. Erst nach dieser *Unterbrechung* setzte durch *An- und Rückstau* eine erneute Versumpfung ein.

Auch für unseren größten Landsee, die *Müritz*, läßt sich nachweisen, daß seine 11 500 ha große Wasserfläche nicht immer als Einheit bestanden hat, sondern großartigen Schwankungen unterworfen war. Zweimal war die Wasserfläche erheblich größer als gegenwärtig, dazwischen ganz beträchtlich geringer. Eine ähnliche Schichtenfolge wie am Drewitz- und Teterower See war durch *Steusloff* am Rederankmoor nachgewiesen. Auf dem unter dem oberen Torf lagernden Wiesenkalk wurde eine knöcherne Harpune vom Magdalénientyp gefunden, die uns beweist, daß der damalige See von mesolithischen Fischern befahren wurde. Wie am Drewitzsee, bedeutet wohl auch hier das Ansteigen des Wassers das Ende der steinzeitlichen Kultur.

Nun gewinnt auch die alte Sage, daß in uralter Zeit an Stelle der späteren Müritz *sieben getrennte Seen* gelegen hätten, neue Bedeutung und zeigt wiederum, ähnlich wie am Probst-Jesarar-See[1]), wie durch Jahrtausende die Erinnerung an Naturerscheinungen im Menschengedächtnis fortlebt. Die von *Fromm* und *Struck*[2]) mitgeteilte Sage lautet:

An der Stelle, wo jetzt der eine große See ist, lagen im grauen Altertum sieben kleinere Seen, welche nicht miteinander in Verbindung standen. Diese Seen waren rings mit Holz umgeben, in welchem viele hohe, alte, den Göttern geheiligte Bäume standen. Da kamen Holzhauer aus fernem Lande und begannen die Bäume zu fällen. Sie zogen mit ihren Äxten nach dem Hinnenfelde, wo die stärksten Bäume standen, und schlugen dieselben nach Herzenslust nieder. Als sie nun aber eines Tages begonnen hatten, den größten und mächtigsten aller Bäume zu fällen, da tut sich in dem kleinen See, welcher der Rederank heißt, plötzlich eine Quelle auf, die sich fortwährend vergrößert und mit ihrem Brausen und Ungestüm nach allen Seiten hin ihr Wasser entsendet. Erschreckt fliehen die Holzhauer, ihre Arbeit verlassend, auf den Berg Hinnenfelde, und mit Entsetzen sehen sie, wie das aus der Quelle strömende Wasser ringsum die Bäume niederreißt und mit sich fortführt. Und immer mehr Wasser entströmt der Quelle, bis sich endlich alle sieben Seen vereinigen und die Müritz bilden. Daher kommt es denn, daß diese noch heute sieben Tiefen, die ehemaligen Seen, und dazwischen große flache Stellen, das frühere Land zeigt. An dem Rederank aber, von wo die Quelle ausging, stehen noch unter dem Wasser die Stämme der abgebrochenen Bäume und beglaubigen dies Ereignis.

Daß die Müritz durch Staue in historischer Zeit bedeutend größer war, ist bekannt, die randlichen Seen im Osten (Moor-Warnker und Rederank) wurden bei dem späteren Ablassen zu Exklaven.

Betrachtet man die ausgezeichnete Tiefenkarte der Müritz von *Peltz* (Güstrow, Opitz und Archiv Nat. Meckl. 60), so fällt es nicht schwer, aus diesem typischen „Kombinationssee" die erwähnten sieben Einzelbecken herauszufinden. Über die Hälfte der

[1]) Archiv Nat. Meckl., *66*, S. 189.
[2]) *Geinitz*, Seen, Moore u. Flußläufe Meckl., Güstrow, 1886, S. 60.

Gesamtfläche, nämlich 5559 ha, hat nur die Tiefe von 0—5 m, fast ein Viertel ist nur 2,5 m tief. Die tiefen Partien lassen sich trotz teilweiser späterer Versandung als schmale, von der Endmoräne ausgehende Rinnen erkennen. In ihrer Form zeigen diese Rinnen, die Waren-Gotthun-Röbeler nebst denen bei Ludorf, eine überraschende Ähnlichkeit mit der etwas westlich gelegenen Seenreihe gleicher Entstehung bei Blücherhof-Gaarz-Jabel.

Bei einer Erniedrigung der Müritz um ca.

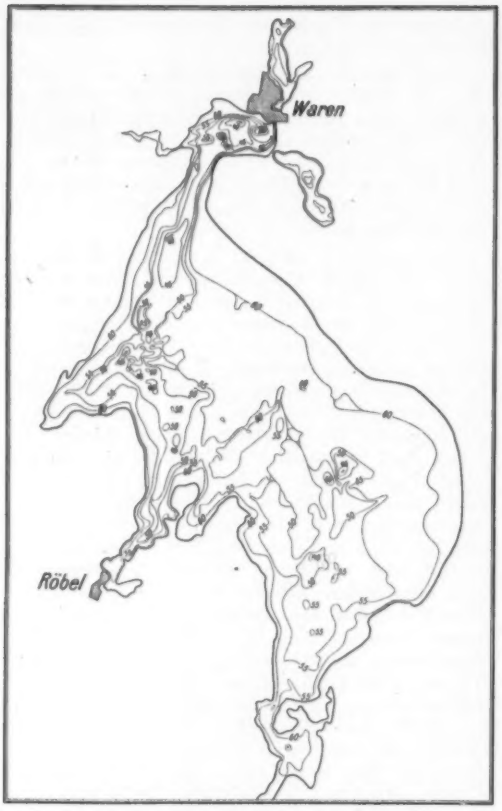

Fig. 3. Isohypsen der Müritz nach *W. Peltz*. Die Kurven geben die Lage in Metern über Ostseespiegel an, Müritzspiegel = 62,5 NN.

5 m erhalten wir folgende Einzelseen: Waren-Gotthun, Röbeler Binnensee mit Fortsetzung, Zähner Lank mit Fortsetzung, Ludorfer Gruppe und dazu die heutigen Exklaven Moor-Warnker See, Rederank, Specker See. —

Die *Ursachen* dieser Wasserspiegelschwankungen waren nach den obigen Darlegungen *nicht* allgemeine *Klimaänderungen*, sondern sind einfacher auf *Veränderungen der Gefälleverhältnisse* zurückzuführen. Das rasche Abfließen der Gewässer und der durch diese Dränage bedingte allgemeine Rückgang des Grundwassers war bedingt durch die damalige höhere Lage des Landes[1]), nicht aber durch ein trockeneres Klima.

Die im Spätglazial einsetzende Senkung hatte noch an keiner Stelle vermocht, den deutschen Boden bereits unter den Meeresspiegel zu bringen, nur in Skandinavien die sog. Yoldiasenkung hervorgerufen; zu dieser und der daran anschließenden Ancylus- oder Prälitorinazeit mußten die nur einmalig (durch das Abtauen) gelieferten großen Wassermengen abfließen und da Ersatz nicht vorhanden war, die Talbetten alsbald trocken gelegt werden. Erst in der folgenden Litorinazeit trat die erhebliche, für uns wichtige Senkung ein, welche große Teile des ehemaligen Festlandes unter den Meeresspiegel brachte, die heutige Küste schuf, mit ihren ertrunkenen Tälern und Zungenbecken und als weitreichende Folgeerscheinung einen Rückstau der Gewässer veranlaßte, der seinerseits zu der jüngeren Versumpfung führte.

Die Ursache jener Erscheinungen war also nicht der Eintritt einer „feuchten Periode", umgekehrt mag als sekundäre Folgeerscheinung jener Versumpfung ein Feuchterwerden des Lokalklimas erfolgt sein.

Die vielorts unter dem Wasserspiegel begrabenen neolithischen Plätze lehren weiter, daß die Litorinazeit auch das Ende der Steinzeit bedeutete.

Was sich hier in Mecklenburg, wo auch zuerst der Nachweis der Litorinasenkung auf deutschem Boden gelungen war, zeigen ließ, wird sich vermutlich auch in den anderen Gebieten der norddeutschen Seenplatte erweisen, so daß wir wohl berechtigt sind, schon jetzt die daraus gezogenen Schlüsse zu verallgemeinern.

Aus der Automobil-Technik.

1. *Ventilmotoren und Schiebermotoren.*

Von Dr. H. Arnold, Berlin.

Den Streit um die besten Motorenkonstruktionen für Automobile hat bekanntlich Geh. Rat *Riedler* vor etwa einem Jahre durch die Veröffentlichung von Versuchsergebnissen an Ventil- und Schiebermotoren in seinen „Berichten des Laboratoriums für Kraftfahrzeuge an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin" hervorgerufen. Dieser Streit hat seitdem monatelang alle Blätter gefüllt, und zwar, was für die Volkstümlichkeit des Automobilismus höchst bezeichnend ist, nicht so sehr die Fachblätter, als vielmehr die Tageszeitungen. Wenn es heute davon verhältnismäßig still geworden ist, so liegt das kaum daran, daß diese Frage insbesondere für den wirklichen Fachmann an Interesse eingebüßt hätte. Wesentliche Aufklärungen in technischer Hinsicht hatte der ganze umfangreiche Meinungsstreit überhaupt nicht gebracht. Nachdem die entgegenstehenden Ansichten geäußert waren, mußte daher die Debatte von selbst zum Stillstande kommen.

[1]) S. *E. Geinitz*, Die spätglaziale Senkung Norddeutschlands. Sitzungsber. Natf. Ges. Rostock, 4, 1912.

Für den Ingenieur ist die Frage aber noch lange nicht erledigt. Er hat inzwischen Zeit gefunden, sich in die vorliegenden Versuchsberichte von *Riedler*, die einzigen bis heute vorhandenen, zu vertiefen, und er hat dabei bald festgestellt, daß nicht alle Schlüsse, die aus diesen Versuchsberichten gezogen und von den Gegnern des Kolbenschiebermotors breitgetreten worden sind, ihre Berechtigung haben. Auch für die Leser dieser Zeitschrift wird es von Wert sein, in zusammenfassender Weise über das Wesentliche der ganzen Streitfrage unterrichtet zu werden und diejenigen Wege kennen zu lernen, auf denen die Technik weitere Aufklärungen dieses Gebietes zu finden hofft. Dabei ist allerdings eine Einführung

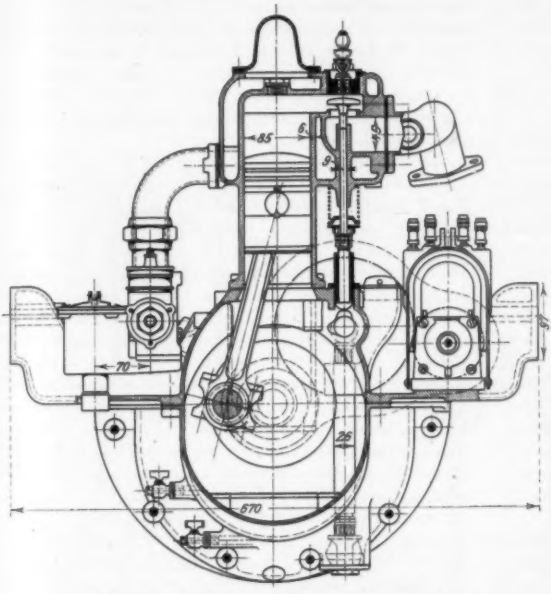

Fig. 1. Schnitt durch einen Ventilmotor.

in die Wirkungsweise der beiden Motorbauarten nicht zu umgehen.

Die Unterschiede zwischen den beiden Motorkonstruktionen erstrecken sich auf die Mittel, die zum Einführen des brennbaren Gemisches in die Zylinder und zum Ableiten der verbrannten Gase aus den Zylindern verwendet werden, mit anderen Worten: auf die Steuerung. Bei den Ventilmotoren oder Motoren mit Ventilsteuerung dienen hierzu für jeden Zylinder zwei Ventile, bei den Schiebermotoren dagegen Schieber, deren Schlitze bei bestimmten Hubstellungen mit Schlitzen im Zylinder zur Deckung kommen.

Fig. 1 ist ein Schnitt durch den Zylinder und die Steuerung eines Ventilmotors. Alle 8 Ventile eines solchen Motors sind in einer Reihe hintereinander angeordnet und im Zylindergehäuse genau senkrecht geführt. Die unteren Enden der Ventilspindeln sitzen mit Rollen auf unrunden Ansätzen (Daumen) einer Welle, die sich halb so schnell dreht wie die Kurbelwelle, und jedes Ventil wird, wenn der richtige Zeitpunkt gekommen ist, von seinem Daumen emporgehoben und infolgedessen geöffnet. Sobald sich der Daumen unter der Ventilspindel weitergedreht hat, schließt sich das Ventil wieder, da es von einer Feder dauernd auf seinen Sitz niedergedrückt wird.

Für die Wirksamkeit der Ventilsteuerung, wie jeder anderen Steuerung, ist nun folgendes wesentlich: Da die Zeit, die zum Füllen eines Zylinders mit brennbarem Gemisch zur Verfügung steht, außerordentlich gering ist, sie beträgt z. B. bei einem Motor, der mit 1800 Umdrehungen in der

Fig. 2. Wirkungsweise der Steuerdaumen.

Fig. 3. Wirkungsweise der Steuerdaumen.

Fig. 4. Wälzhebelsteuerung der Adlerwerke.

Minute läuft, nur etwa 0,015 Sekunden, so kommt es darauf an, das Ventil während dieser Zeit so lange als möglich voll geöffnet zu halten, also schnell zu öffnen und schnell zu schließen, damit die größtmögliche Menge Gemisch in den Zylinder einströmen kann. Wie man sofort aus Fig. 2 erkennt, ist dafür in erster Linie die Form des Daumens maßgebend. Der voll gezeichnete und der gestrichelte Daumen sind für die gleiche Öffnungsdauer berechnet, der erstere hält aber das Ventil viel länger voll geöffnet, als der letztere. Vom Standpunkte der Zylinderfüllung wäre also der voll gezeichnete Daumen weit mehr zu empfehlen.

In Wirklichkeit muß man aber zwischen diesen beiden Grenzformen der Steuerdaumen den Mittelweg wählen, weil der vollgezeichnete Daumen wegen der starken Steigung seiner Flanken im Augenblicke des Öffnens (s. Fig. 3) unzulässig

große Seitendrücke auf die Ventilführungen ausübt und im Betriebe das bekannte Klappern der Ventilsteuerung hervorbringt, während man andererseits auch nicht zu langsam ansteigende Daumen verwenden kann, wenn die Zylinderleistung nicht zu stark beeinträchtigt werden soll. Daraus ergibt sich, daß bei den meisten Ventilsteuerungen ein gewisses Maß von Geräusch schon wegen der Form der Steuerdaumen in Kauf genommen werden muß. Ein weiterer Grund für das Auftreten von Geräusch ist, daß man ein Ventil nicht zu langsam auf seinen Sitz aufsetzen darf, wenn es abdichten soll, sondern unter der Wirkung seiner Feder frei aufschlagen lassen muß.

Es gibt nun allerdings eine Ventilsteuerung, welche das Ventil genügend lange geöffnet hält, trotzdem es ganz langsam angehoben wird. Das ist die neuere Ventilsteuerung der Adlerwerke in Frankfurt a. M. Wie man bei genauer Betrachtung von Fig. 4 erkennt, werden bei dieser Steuerung ganz langsam ansteigende Daumen verwendet, die sich fast über den vollen Umfang der Steuerwelle ausdehnen, während die Daumen in Fig. 2 und 3 nur etwa ein Drittel des Wellenumfanges einnehmen. Bei der Drehung der Steuerwelle wird also die Ventilspindel viel früher angehoben, als das Ventil zu öffnen hat. Das Ventil öffnet sich auch wirklich erst später, weil es unter seinem eigentlichen Teller einen etwa 1 mm hohen Ansatz hat, welcher genau in die Bohrung hineinpaßt. Erst wenn das Ventil um 1 mm gehoben worden ist, beginnt es sich also zu öffnen, und es kann sich von da ab sogleich schneller bewegen als ein gewöhnliches Ventil, weil es sich schon in Bewegung befindet. Der Vorgang wiederholt sich in ähnlicher Weise beim Schließen des Ventiles. Nachdem die Öffnung durch den Ansatz des Ventiltellers verschlossen worden ist, kann das Ventil ganz langsam seinem Sitz genähert werden und braucht nicht mehr auf den Sitz aufzuschlagen.

Zu beachten ist aber, daß man bei dieser Art Steuerung unter sonst gleichen Verhältnissen das Ventil auf eine größere Strecke anheben muß als bei einer gewöhnlichen Ventilsteuerung. Soll das mit Absatz versehene Ventil in Fig. 6 den gleichen Querschnitt $\pi \cdot d \cdot h$ freigeben, wie das gewöhnliche Ventil in Fig. 5, so muß es um h' gehoben werden, wobei h' um die Höhe des Absatzes größer ist als h. Die Vergrößerung des Ventilhubes macht aber, auch wenn sie nur etwa 1 mm beträgt, bei den in Frage kommenden Geschwindigkeiten sehr viel aus. Um z. B. keine höheren Daumen anwenden zu müssen, haben daher die Adlerwerke zwischen Daumen und Ventilspindel einen Übersetzungshebel eingeschaltet, welcher so gestaltet ist, daß sich sein Übersetzungsverhältnis ständig ändert und besonders klein beim Beginne des Hubes ist. Die Geräuschlosigkeit der Steuerung wird hierdurch wesentlich gefördert.

Trotz ihrer Vorzüge ist diese Steuerung von anderen Fabriken als den Adlerwerken nicht übernommen. Wahrscheinlich deshalb, weil bei hohen Umdrehungszahlen Schwingungserscheinungen auftreten, welche neue Geräuschquellen erzeugen.

Die Konstruktion der *Schiebermotoren*, die bekanntlich auf den Erfindungen von *Ch. Knight* beruhen und auch nur in dieser Ausführung Bedeutung erlangt haben, zeigt am besten der Schnitt in Fig. 7. Zwei außerordentlich dünnwandige Hülsen *a* und *b* sind hier in den Raum eingepaßt, den der Motorkolben *c* im Zylinder *d* noch übrig läßt. Diese Schieber sind an der unteren Seite mit passenden Ansätzen versehen und werden mittels kurzer Exzenterstangen *e* und *f* auf- und abwärts bewegt. Die zugehörigen Antriebsexzenter sitzen auf der Steuerwelle, die wie bei gewöhnlichen Automobilmotoren mit der halben Umdrehungszahl der Kurbelwelle umläuft. Bei der Bewegung der Schieber gelangen nun in den geeigneten Zeitpunkten die Schlitze *g* und *h* auf der einen Seite mit dem Einströmkanal *i*, und die Schlitze *k* und *l* auf der anderen Seite mit dem Auspuffkanal *m* in dem Zylinder zur Deckung, wodurch die Arbeitsweise des Motors ermöglicht wird. Dabei sind die beiden Exzenter so gegeneinander gestellt, daß sich die Schieber in dem Augenblicke, wo das Einströmen des frischen Gemisches beginnt, gegeneinander bewegen, so daß die Einströmöffnung sehr schnell frei wird.

Die verschiedenen Stufen der Wirkungsweise dieser Steuerung sind für den Einlaßvorgang in Fig. 8 und für den Auslaßvorgang in Fig. 9 zugleich mit den zugehörigen Stellungen der Motorkurbel wiedergegeben. Fig. 8 zeigt, daß sich bei Beginn der Einströmung die Kurbel etwas hinter dem oberen Totpunkte befindet und der innere Schieber nach oben, der äußere Schieber nach unten geht, so daß sich die rechts befindlichen Einlaßschlitze sehr schnell öffnen. Die nächste Stellung, worin auch der äußere Schieber nach oben zu gehen beginnt, zeigt die Einlaßschlitze voll geöffnet, während in der dritten Stellung der innere Schieber, der dem äußeren vorausgeeilt ist, die Einströmung gerade beendigt. Die Motorkurbel ist hierbei um 36° hinter dem unteren Totpunkt hinausgelangt.

Nach Fig. 9 beginnt der Auspuff $64^1/_2$° vor dem unteren Totpunkt der Kurbel dadurch, daß der innere Schieber den gleichfalls nach abwärts gehenden äußeren Schieber überholt, und er endigt, wenn die Kurbel genau im oberen Totpunkt angelangt ist, wobei sich der innere Schieber aufwärts, der äußere abwärts bewegt, also mit großer Geschwindigkeit.

Zurückkommend auf die Fig. 7 wären noch verschiedene konstruktive Merkmale des vorliegenden Schiebermotors zu erwähnen, die auch für die allgemeine Beurteilung der Schiebermotoren wesentlich sind. Wie sich aus der vorangegangenen Schilderung der Arbeitsweise des Motors ergibt, wandern die Schlitze in den Schiebern zwischen dem Kolben *c* und dem Zylinder *d*, bzw. zwischen dem Deckel *n* und dem Zylinder derart hin und her, daß sie beim Beginn der Verdichtung (s. Fig. 8 drittes Bild) und insbesondere im Augenblicke der Zündung vollkommen versteckt sind. Dadurch werden Kompressionsverluste, also Verluste an Motorleistung vermieden, außerdem werden die Kanten der Schieberschlitze vor Beschädigung durch die im Augenblicke der Zündung auftretende hohe Temperatur sehr gut geschützt.

Ein weiteres Merkmal dieses Motors ist die Gestaltung des Verdichtungsraumes, d. h. desjenigen Zylinderteiles, in welchem die frischen Gase vor dem Zünden zusammengepreßt werden. Im Vergleich zu dem Ventilmotor in Fig. 1, wo dieser Raum wegen der seitlich angebauten Ventilgehäuse langgestreckt und flach sowie für Werkzeuge nicht in allen Teilen zugänglich ist, handelt es sich bei dem Schiebermotor um einen vollständig geschlossenen, aber hohen Raum, der auf allen Seiten von glatt bear-

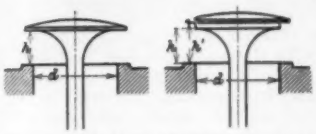

Fig. 5 und 6. Ventilerhebungen bei gewöhnlichen und bei geräuschlosen Ventilsteuerungen.

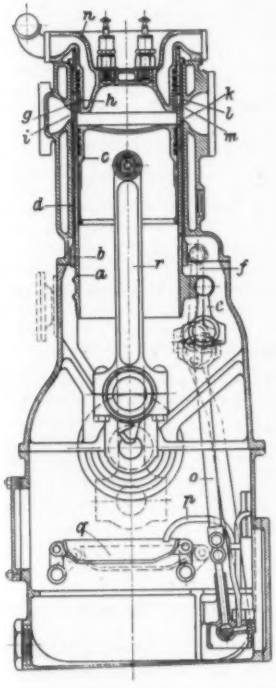

Fig. 7. Schnitt durch einen *Knight*-Schiebermotor.

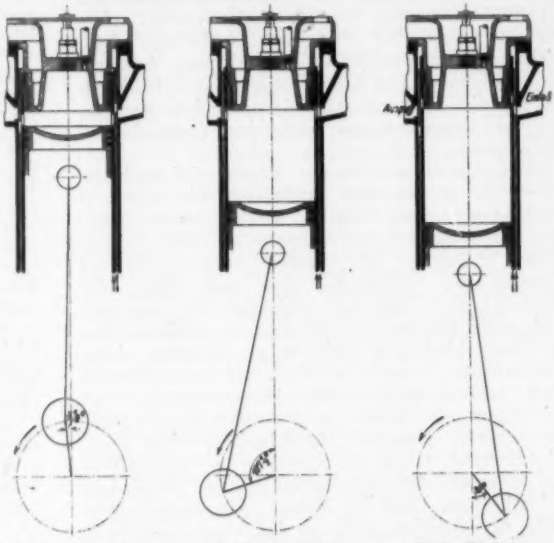

Fig. 8. Arbeitsvorgänge bei der Schiebersteuerung, Einströmung.

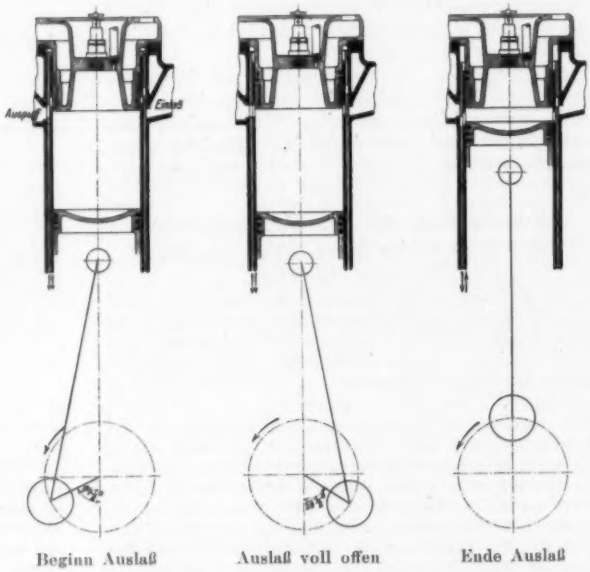

Fig. 9. Arbeitsvorgänge bei der Schiebersteuerung, Auspuff.

beiteten Flächen begrenzt ist. Zwar ist wissenschaftlich noch nicht bewiesen, welchen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit des Motors die Gestalt des Verdichtungsraumes ausübt, doch leuchtet ohne weiteres ein, daß ein glatt bearbeiteter Verdichtungsraum weniger Gelegenheit zum Ansetzen und Verbrennen von Schmierölresten, zum Glühendwerden dieser verbrannten Ölreste und zu den damit im Zusammenhange stehenden Vorzündungen bieten wird.

Von der Steuerwelle des Motors wird auch die selbsttätige Schmierung angetrieben, die, nur weil sie in Fig. 7 dargestellt ist, erwähnt werden möge. Ein Exzenter auf der Steuerwelle treibt mittels einer Stange o die Kolben mehrerer kleiner Pumpen an, welche das über dem Boden der Kurbelkammer dauernd stehende Öl ansaugen und unter anderem in Röhrchen p drücken. Das Öl fließt hierbei in Schalen q, die unter jeder Pleuelstange r angeordnet sind, und jedesmal wenn eine Pleuelstange durch den unteren Totpunkt geht (siehe die gestrichelte Stellung der Pleuelstange) taucht sie mit einer Art Löffel in diese Schale q ein, nimmt etwas Öl mit und spritzt es herum, sodaß es auf die zu schmierenden Stellen gelangt. Damit nun bei schnellem Lauf des Motors nicht entsprechend mehr Öl verspritzt wird, als bei langsamem Lauf, was Verschwendung sein würde, hat man die Schalen q beweglich eingebaut und durch ein Gestänge mit der Vergaserregulierung in Verbindung gebracht. Wird also der Vergaserhebel geöffnet, damit der Motor schneller läuft, so senken sich zugleich die Schalen q, sodaß die Pleuelstangen weniger tief in die Schalen eintauchen, also jedesmal nur weniger Öl entnehmen können als früher.

Nachdem nun die Konstruktion und Wirkungsweise von Ventil- und Schiebermotoren klargestellt sind, kann auf ihre gegenseitige Wertung in wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Hinsicht eingegangen werden. (Schluß folgt.)

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Theorie des Eötvösschen Gesetzes.

Vorläufige Mitteilung.

Es gibt nur wenige Methoden, das Molekulargewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen; eine der wichtigsten ist diejenige, die auf dem Gesetze von *Eötvös* beruht. Dieses bezieht sich auf die Abhängigkeit der Oberflächenspannung α von der Temperatur T und besagt, daß

$$\alpha\, v^{2/3} = -K(T - T_0)$$

ist, wobei v das Molekularvolumen, T_0 eine von der kritischen nicht sehr verschiedene Temperatur und K eine von der Natur der Flüssigkeit unabhängige Konstante bedeutet, deren Wert in absoluten Einheiten zu etwa 2,2 bestimmt worden ist. Eine befriedigende theoretische Erklärung des Gesetzes lag bisher nicht vor; nur für die Umgebung der kritischen Temperatur hat *van der Waals* die Form des Gesetzes durch Anwendung seiner Zustandsgleichung auf die Grenze zwischen Flüssigkeit und gesättigtem Dampfe erhalten.

Nun hat Herr *Madelung* kürzlich den Gedanken ausgesprochen, daß das Gesetz eine Folge des Grundsatzes der statistischen Mechanik sein müsse, daß allen Freiheitsgraden eines Systems im thermischen Gleichgewicht dieselbe mittlere Energie $k\,T$ zukommt, wo k die Boltzmannsche absolute Gaskonstante bedeutet; indem er auf die Schwingungen der Oberflächenmoleküle diesen Satz anwendet und ihre Anzahl abschätzt, findet er unter Benutzung von gewissen hypothetischen Ansätzen tatsächlich eine Gleichung der obigen Form mit einem Wert der Konstanten K, der von der Größenordnung des Produktes $k\,N^{2/3}$ ist, wo k die Boltzmannsche Zahl und N die Anzahl der Moleküle im Mol bedeutet; es ist aber $k\,N^{2/3}$ in absoluten Einheiten ziemlich genau gleich 1. Nun liegt der Gedanke nahe, die in der modernen Theorie der spezifischen Wärmen fester Körper mit so großem Erfolge angewandte Methode an diesem Probleme zu erproben. Diese Methode besteht darin, daß man abzählt, wieviele Eigenschwingungen des Körpers in ein bestimmtes Frequenzintervall fallen, jeder dieser Eigenschwingungen die durch die Plancksche Formel gegebene Energie des linearen Resonators zuschreibt und über alle summiert. Hier ist es bequemer, mit der freien Energie zu operieren, deren Differentialquotient nach der Oberfläche bei konstanter Temperatur direkt die Oberflächenspannung α liefert. Die Ausführung dieser Idee führt *ohne Einführung neuer Hypothesen* zum gewünchten Ziele.

Der einzige Punkt, der prinzipielle Schwierigkeiten macht, ist die Definition der Oberflächenschwingung; doch gelingt auch das durch einen strengen Grenzübergang, wobei die Wellengeschwindigkeit dieser Oberflächenschwingungen nicht gleich der im Innern ist, sondern sich durch den Faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ von ihr unterscheidet. Die resultierende Formel hat die Form

$$(\alpha - \alpha_0)\, v^{2/3} = -K\,T\,\Phi\left(\frac{\Theta}{T}\right);$$

dabei bedeutet α_0 den „statischen" Wert der Oberflächenspannung, und man kann annehmen, daß $\alpha_0 v^{2/3}$ konstant ist. Für die Konstante K findet man

$$K = \pi\left(\frac{9}{4\pi}\right)^{2/3} k\,N^{2/3} = 2{,}45;$$

Φ ist eine transzendente Funktion, deren Entwicklung nach Potenzen des Argumentes so anhebt:

$$\Phi(x) = 1 - \frac{x}{3} + \frac{x^2}{24} - \cdots$$

Θ ist diejenige charakteristische Temperatur, die in der Debyeschen Theorie der spezifischen Wärmen auftritt und die sich aus der Schallgeschwindigkeit und dem Molvolumen unter Heranziehung des Planckschen Wirkungsquantums h berechnen läßt. Für mittelgroße Temperaturen, bei denen die Messungen gemacht sind, kommen nur die beiden ersten Glieder von Φ in Betracht, so daß man erhält

$$(\alpha - \alpha_0)\, v^{2/3} = -K\,T\left(1 - \frac{\Theta}{3\,T}\right).$$

Θ ist der Schallgeschwindigkeit proportional, und da diese ihrerseits angenähert der Temperatur proportional angesehen werden kann, so ist das Korrektionsglied $\frac{\Theta}{3\,T}$ ziemlich konstant; es hat bei normalen Temperaturen (T von der Größenordnung 300° bis 400° abs.) etwa den Wert $^1/_{10}$. Der Faktor von T bekommt somit ungefähr den Wert 2,2, der den Beobachtungen entspricht.

Die theoretische Formel reicht aber prinzipiell viel weiter; ihre Gültigkeit wird sich erst bei tiefen Temperaturen genau prüfen lassen, soweit dies das Erstarren der Flüssigkeiten erlaubt. Allerdings wird wohl das Grenzgesetz für ganz tiefe Temperaturen, wonach die Oberflächenspannung mit der dritten Potenz der Temperatur variieren soll, schwerlich geprüft werden können. Von besonderem Interesse ist aber, daß schon bei gewöhn-

lichen Temperaturen das Wirkungsquantum h zur Berechnung der Eötvösschen Konstanten wesentlich ist. Auch die Abweichungen der Konstanten K, wie sie neuerdings von *Walden* für zahlreiche organische Flüssigkeiten beobachtet worden sind, lassen sich durch eine geeignete Modifikation im Prinzip der Theorie einordnen, wenn auch zur genauen Rechnung die nötigen experimentellen Daten heute noch fehlen. Eine ausführliche Darstellung dieser Theorie und eine Zusammenstellung der wichtigsten Folgerungen werden wir demnächst a. a. O. veröffentlichen.

Göttingen, den 24. Juni 1913.

M. Born und *R. Courant.*

Besprechungen.

Hallauer, O., Über neuere Brillenoptik, Zeitschr. f. ophthalmologische Optik, 1913, *1*, 3—14, 4 Textfig.

Es ist nicht anzunehmen, daß ein Bedürfnis für die neugegründete Zeitschrift für ophthalmologische Optik allgemein anerkannt werden wird, und auch die Herausgeber des neuen Organs haben in einem an die Leser gerichteten Vorwort einige Worte zur Rechtfertigung ihres Planes vorausgeschickt. Sicherlich sind in neuester Zeit auch die zur Augenuntersuchung dienenden Instrumente des Ophthalmologen vervollkommnet worden, aber es vollziehen sich in unseren Tagen hauptsächlich an der Brille wichtige Änderungen, sowohl was die Fassung als auch was die Formgebung der Gläser angeht.

Diesem letztgenannten Thema, der Steigerung der optischen Leistung der Brille, ist der Hallauersche einleitende Aufsatz gewidmet. Der Verfasser ist einmal schon durch seine Stellung als Privatdozent für Ophthalmologie an der Universität Basel dazu wohl geeignet, ferner aber verdanken ihm seine Fachgenossen sehr sorgfältige Untersuchungen über die Absorption von verschiedenen Farbglasarten. Auf Grund davon sind auch Brillen konstruiert und in den Handel gebracht worden, die unter dem Namen der Hallauerschen Gläser vielfach in der augenärztlichen Praxis verordnet worden sind.

Wie der Verfasser hervorhebt, ist es verwunderlich genug, daß die Brille, sicherlich die älteste optische Vorrichtung, am allerspätesten wissenschaftlich behandelt worden ist, und man kann diesen Sachverhalt nur aus dem Umstande erklären, daß es an einem Zusammenwirken zwischen Ophthalmologen und konstruierendem Optiker fehlte, wie es systematisch erst von dem großen schwedischen Ophthalmologen *Allvar Gullstrand* herbeigeführt worden ist. In einem besonderen Aufsatze, dessen Erscheinen in dieser Zeitschrift in einigen Monaten zu erwarten ist, sollen im einzelnen die Aufgaben auseinandergesetzt werden, die dabei zu lösen waren, und es wird dann verständlich werden, warum die Brille als Zusatzinstrument für das anomale Auge so ungemein lange auf ein wirkliches Verständnis zu warten hatte. *Hallauer* teilt die Entwicklung der Brille völlig zutreffend in zwei Abschnitte ein, den älteren, wo man stillschweigend annahm, das Auge befinde sich bei der Korrektion durch ein Brillenglas in Ruhestellung, und den neueren, wo zugestanden wird, daß das Brillenglas die Bestimmung habe, das in seiner Höhle bewegte Auge beim Blicken zu unterstützen.

In der ersten Periode ist besonders auf den holländischen Ophthalmologen *F. C. Donders* hinzuweisen, der in der Tat mit bemerkenswertem Erfolge dem Brillenproben seine Aufmerksamkeit zugewandt und sich um die Würdigung der Brille große Verdienste erworben hat. Allerdings konnte er zu einer Behandlung der Brillen*formen* nicht kommen, weil sich diese erst aus der Berücksichtigung der Augendrehung ergeben.

Wenn nun vorher mit gutem Grunde auf das große *Gullstrand* gebührende Verdienst hingewiesen wurde, dem konstruierenden Optiker überhaupt erst die Augen für das hier vorliegende Problem geöffnet zu haben, so sind doch schon früher gewisse Ansätze zu einer richtigeren Problemstellung gemacht worden, und auch *Hallauer* geht auf die wichtigeren unter ihnen ein. Es handelt sich dabei um bestimmte, namentlich in Paris gemachte Vorschläge, die durch die Arbeiten eines dort tätigen Augenarztes *Franz Ostwalt* eingeleitet wurden. Schon 1898 ließ dieser eine Abhandlung erscheinen, die ein sorgfältiges Studium dieses Problems erkennen läßt. In der ganzen Behandlung steht ihm ein englischer Augenarzt *Percival* nahe, dessen in dieses Gebiet fallende Arbeiten von 1901 ab erschienen sind. In einer gewissen Hinsicht über *Ostwalt* hinaus ging seit 1899 der damals an der Sorbonne tätige Ophthalmologe *Tscherning*. Es ist bedauerlich, daß diese drei Autoren in keiner besonders engen Verbindung mit der technischen Optik standen, und daß nach ihren Vorschlägen keine Brillengläser in nennenswerter Menge ausgeführt worden zu sein scheinen.

Die Verbindung *Gullstrands* mit dem Zeißschen Werk geht auf den Anfang dieses Jahrhunderts zurück, und bereits 1903 war in Jena eine Lupenkonstruktion — die Verantlinse — berechnet worden, die das blickende Auge unterstützen sollte. Dabei hatte *Gullstrand* darauf hingewiesen, daß allen Blickrichtungen der Müllersche Augendrehpunkt gemeinsam sei, so daß also für das Lupensystem ein Punkt als Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen angenommen werden müsse, in den man beim Gebrauch den Augendrehpunkt bringen könne; als ausreichende Entfernung wurde ein Abstand von 25 mm vom augennahen Linsenscheitel angenommen, was auf einen Zwischenraum von 12 mm zwischen dem Scheitel der Hornhaut und dem der augennahen Fläche der Verantlinse führte. Diese Erfahrungen unterstützten den rechnenden Optiker wesentlich, als zu Beginn des Jahres 1908 in Jena das Brillenproblem aufgenommen wurde, denn in der durch den Augendrehpunkt bedingten Strahlenbegrenzung entspricht das Brillenglas zur Unterstützung des blickenden Auges völlig der Verantlinse. Ohne besondere Schwierigkeit konnte durch eine zweckmäßige Wahl der Form (Durchbiegung) bei der Mehrzahl der achsensymmetrischen Brillengläser der Astigmatismus schiefer Büschel für den Augendrehpunkt als Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen beseitigt werden. Nach einem Vorschlage *Gullstrands* wurden solche Gläser, bei denen auf der Netzhautgrube auch des bewegten Auges ein von Astigmatismus freies, also deutliches Bild zustande kam, *punktuell abbildende* Brillengläser genannt; ihr Handelsname ist *Punktalgläser*. Gewisse Schwierigkeiten machten, was übrigens verständlich ist, die punktuell abbildenden Gläser für astigmatische Augen. Sie mußten eine sphärische und eine *torische* Fläche erhalten, und die Feststellung der günstigsten Krümmungsverhältnisse hat eine ziemlich lange Zeit in Anspruch genommen. An dieser Stelle kann darauf nicht näher eingegangen werden, das muß dem bereits angekündigten eingehenden Aufsatze vorbehalten bleiben. Übrigens beschäftigt sich auch *Hallauer* in seinem einführenden Artikel nicht näher mit diesen zweifach symmetrischen Systemen punktueller Abbildung.

Indessen blieb auch bei den achsensymmetrischen Systemen eine Lücke bestehen, solange man sich auf die gewohnten Mittel der Formgebung beschränkte. Es zeigte sich nämlich, daß man sammelnde achsensymmetrische Brillengläser für einen Blendenabstand von 25 mm nur dann als punktuell abbildende konstruieren kann, wenn ihre Brechkraft schwächer ist als rund 8 dptr. Dieser Betrag reicht zwar für die Fülle angeborener

Übersichtigkeit aus, doch brauchen Patienten, denen bei einer Staroperation die Kristallinse des Auges entfernt worden ist, in der Regel sammelnde Brillengläser von einer merklich höheren Brechkraft. Da sich diese mit sphärischen Begrenzungsflächen nicht als punktuell abbildende Systeme herstellen lassen, so blieb nichts weiter übrig als durch Einführung einer von der Kugelfläche abweichenden *asphärischen* Fläche die für die Korrektion verfügbaren Mittel zu erweitern. Solche Stargläser mit einer asphärischen Fläche wurden als Gullstrandsche Linsen bezeichnet und als *Katral*gläser in den Handel gebracht. Obwohl die Abweichungen von einer Kugelfläche nur gering sind und im Maximum wenige zehntel Millimeter betragen, ist die Wirkung auf die Strahlenvereinigung doch sehr bemerkbar. Das kann man durch photographische Verfahren gut zeigen. Macht man nämlich unter verschiedenen Schiefen — beispielsweise solchen von 0°, 10°, 20°, 30° — Aufnahmen durch ein

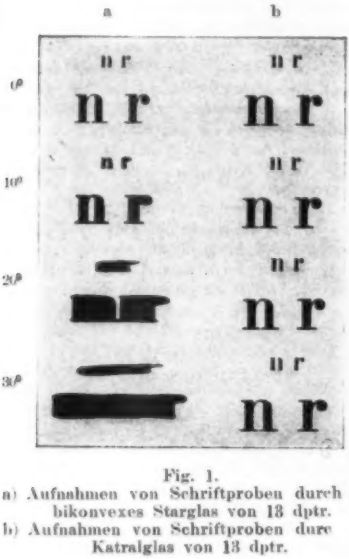

Fig. 1.
a) Aufnahmen von Schriftproben durch ein bikonvexes Starglas von 13 dptr.
b) Aufnahmen von Schriftproben durc ein Katralglas von 13 dptr.

Brillenglas, und achtet man darauf, daß bei der photographischen Aufnahme derselbe Strahlengang stattfindet wie bei dem direkten Sehen unter den gleichen Augendrehungen, so erhält man eine treue (zweckmäßig eine vergrößerte) Darstellung des von der Brille entworfenen Bildes, das dem linsenlosen Auge als virtuelles Objekt dient. Ist dieses Bild bei punktuell abbildenden Brillen von Astigmatismus schiefer Büschel frei, so ist es deutlich, ist es aber wie bei bikonvexen Brillen mit Astigmatismus schiefer Büschel behaftet, so verschwinden mit wachsender Schiefe des Blicks die Einzelheiten mehr und mehr. Die beigegebenen Figuren (1 und 2) werden ohne weiteres verständlich sein und das Beweismaterial für die soeben gemachten Behauptungen liefern. Dabei haben als Objekte einmal die üblichen Proben zur Bestimmung der Sehschärfe gedient, dann aber auch ein körperliches Objekt — eine Büste *Fraunhofers* —, wobei man den schädlichen Einfluß des Astigmatismus schiefer Büschel auf die Erkennbarkeit feiner Einzelheiten gut beurteilen kann.

Ein kurzer Ausblick auf Spezialkonstruktionen (Fernrohrbrillen und Fernrohrlupen) schließt den Hallauerschen Artikel ab. *Moritz von Rohr, Jena.*

Die Entwicklung der Brille.

1. **Greeff, R., Die ältesten uns erhaltenen Brillen.** Arch. f. Aughlkde. 1912, *72*, 44—51, 1 Textfig.
2. **Derselbe, Ein weiterer Fund historischer alter Brillen.** Arch. f. Aughlkde. 1912, *72*, 206—212, 3 Textfig.
3. **Pflugk, A. v., Die Nürnberger Brillenmacher am Ausgang des 18. Jahrhunderts.** Ein Beitrag zu Prof. Dr. *R. Greeffs* Aufsatz „Ein weiterer Fund historischer alter Brillen". Arch. f. Aughlkde. 1913, *73*, 162—164.
4. **Greeff, R., Bruchstücke zur Geschichte der Brille.** Klin. Mtsbl. f. Aughlkde. 1913, *51*, 37—47, 10 Textfig. 1913, *51*, 221—226, 3 Textfig. 1913, *51*, 498—503, 6 Textfig.
5. **Derselbe, Die historische Entwicklung der Brille.** Eine Anleitung zum Verständnis der Brillenausstellung in dem Heidelberger Museum [15. Mai bis zum 15. Juni 1913]. 32 S. 8°, 18 Textfig. o. O. u. J.
6. **Derselbe, Die Anfänge der eigentlichen Brillen.** Zft. f. ophthalm. Optik, 1913, *1*, 11—17, 3 Textfig.

Die hier zusammengestellten, in der neuesten Zeit erschienenen Aufsätze gehen auf die beiden Sammler zurück, die wohl am erfolgreichsten auf dem Gebiete der alten Brillenformen gearbeitet haben und noch ar-

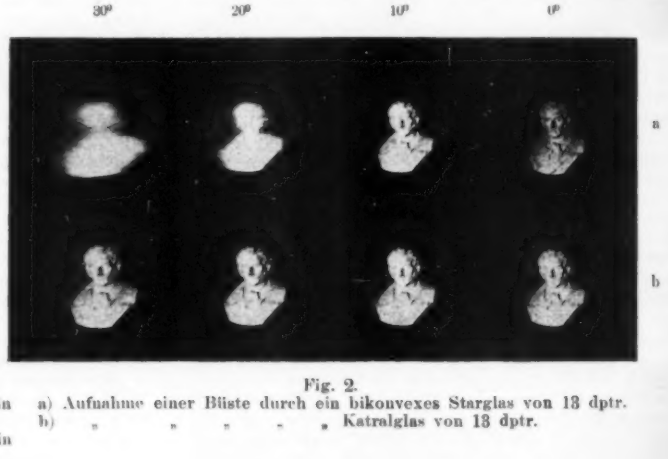

Fig. 2.
a) Aufnahme einer Büste durch ein bikonvexes Starglas von 13 dptr.
b) „ „ „ „ „ Katralglas von 13 dptr.

beiten. Gewiß ist schon früher manches über dieses Thema veröffentlicht worden, und namentlich in (4) wird darauf hingewiesen, daß es sich dabei um eine mehr oder minder erfolgreiche Verarbeitung der vorhandenen Literatur gehandelt hat. Doch haben die Zeitgenossen nicht immer ein Auge dafür gehabt, was dem späteren Historiker von großem Werte sein könnte, und daher hat man noch zwei andere Wege beschritten. Einmal hat man alte Gemälde und Kupferstiche auf die Darstellung der Brille hin durchforscht und hat dadurch in der Tat ein überraschend helles Licht auf die Anfänge der Brille fallen lassen können; die ersten Stufen der Entwicklung sind nur noch in gleichzeitigen Darstellungen, nicht mehr in natura auf uns gekommen. Ein anderer Weg wurde durch planmäßig angelegte Sammlungen eröffnet. Gewiß haben hier zuerst öffentliche Sammlungen, so namentlich die des Germanischen Museums, vorbereitend gewirkt, doch ist es ganz verständlich, daß dabei nicht immer das Interesse für ein so kleines, sehr weit abgelegenes Gebiet besonders lebhaft sein konnte. Es ist daher für die Geschichte dieses optischen Hilfsmittels von großer Wichtigkeit, daß zwei Ophthalmologen von Fach, die Herren *R. Greeff* und

A. v. Pflugk, mit wahrem Sammeleifer und mit Bienenfleiß sehr viel davon zusammengetragen haben, was von alten Brillen und ihrem Zubehör noch vorhanden ist. Wenn es einmal gelingen wird, eine sachlich begründete Entwicklung der Brille zu geben, so wird das in hohem Maße diesen beiden Ophthalmologen zu verdanken sein.

Was in den hier zu besprechenden Aufsätzen geboten wird, das sind Bausteine zu einer solchen Geschichte, und *R. Greeff* weist an verschiedenen Stellen seiner Veröffentlichungen darauf hin, daß es sich manchmal erst um Vermutungen handele, die durch spätere Forschungen noch zu bestätigen seien. Gleich von vornherein sei darauf hingewiesen, daß im Deutschen leider der Ausdruck Brille in einem doppelten Sinne verwandt wird: einmal in umfassender Bedeutung für alle Einrichtungen, die geeignet sind, vor dem Auge getragen zu werden, sodann aber in wesentlich engerem Sinne, wobei es sich um Vorkehrungen handelt, die vor den Augen mit Armen befestigt sind, die um den Kopf oder hinter die Ohren greifen. In dieser Bedeutung ist die Brille dem Kneifer und der Lorgnette entgegengesetzt.

Nach (1) sind die ältesten Brillen augenblicklich im Pirkheimerschen Stübchen auf der Wartburg aufbewahrt. Sie sind ehemals hinter die Holzvertäfelung geglitten und wurden bei der 1867 erfolgten Fortführung dieses Stübchens aus Nürnberg nach der Wartburg zufällig gefunden. Es handelt sich um lederne *Bügelbrillen* mit plankonvexen Gläsern von etwa 3 dptr Brechkraft, die beim Lesen vor die Augen gehalten werden mußten. Ihre Anschaffungszeit wird zwischen 1520 und 1530 liegen.

In (2) wird über einen Fund von *Klemmbrillen* — einer alten Form der Klemmer — berichtet, der in Emden gemacht wurde, aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts stammt und Licht auf die Nürnberger Brillenfabrikation des 18. Jahrhunderts wirft. Es sind schwache plankonvexe Gläser bis zu 3 dptr hinauf, die in zwei Ausführungen geliefert wurden. Die besseren bestehen aus reinem, weißem Glase und zeigen am Rande eine Facette, die ihnen auch ihren alten Namen „Feine Facetten" verschafft hat. Firmenzeichen und Fassungsart der Gläser werden mitgeteilt, ebenso wie einige Meisternamen aus Nürnberg und Fürth.

Eine Ergänzung dieser Namenliste liefert (3), und zwar wurde als Material die Sammlung des Verfassers *A. v. Pflugk* und ferner die des Germanischen Museums herangezogen.

Die umfangreiche Arbeit (4) beginnt mit einer Zusammenstellung des vorhandenen Materials alter Brillen und macht den Versuch einer haltbaren Einteilung und Benennung. Von Interesse wird es den Lesern sein, zu erfahren, daß die ersten Brillenformen (die, wie schon bemerkt, nur durch Darstellungen belegt sind) in der Weiterentwicklung zu den Klemmern geführt haben. Sie werden *Nagel-* und *Bügelbrillen* genannt und mußten mit der Hand vor die Augen gehalten werden. Schon im 17. Jahrhundert wurde der zunächst starre Bügel der Bügelbrillen aus elastischem Material hergestellt, und man erhielt in den *Klemmbrillen* die Urform unseres Klemmers. Die Entwicklung der Brille im eigentlichen Sinne geht von den *Riemenbrillen* im 16. Jahrhundert aus, die nach Art unserer Automobilbrillen mittels einer den Augenrändern sich anschließenden Lederfassung am Kopfe angebunden wurden. Vereinfachungen dieses Halteprinzips führten auf die *Fadenbrillen*, bei denen eine Bügelbrille in einer ganz zierlichen Weise mit Fäden hinter den Ohren befestigt wurde. Es findet sich eine solche Brille auf einem von *il Greco* 1596 gemalten Bilde eines Kardinal-Inquisitors. Die an der Kopfbedeckung befestigten *Mützenbrillen* seien als minder wichtig nur nebenbei erwähnt. Auf die weitere Entwicklung der eigentlichen Brille wird bei (6) einzugehen sein.

Was die Fortbildung der Bügelbrillen angeht, so wird zunächst rein aus Rücksicht auf bequemeres Tragen der Bügel mit einem Gelenk versehen *(Gelenk-* und *Klappbrillen)*, um bei Nichtgebrauch die beiden Gläser übereinanderlegen zu können. Größere Bequemlichkeit des Haltens wird durch die ziemlich langgestielten *Scherenbrillen* erreicht, die noch bis in das 19. Jahrhundert hinein namentlich in Frankreich in einer häufig sehr reichen Ausstattung hergestellt wurden.

In (5) findet sich eine zu Ausstellungszwecken geschriebene Darstellung, die sich auf die übrigen fünf Arbeiten stützt und für die neuere Zeit namentlich zu den Schutzgläsern weiteres Material beibringt.

In dem letzten Artikel (6) versucht *R. Greeff* eine Beantwortung der Frage, wann die eigentliche Brille mit den seitlichen Armen (Federn, Bügeln) auftritt, und er kommt dabei auf die Mitte des 18. Jahrhunderts. Wie man sieht, ist seit den Fadenbrillen eine sehr lange Zeit, ziemlich 150 Jahre, vergangen. Die Formen, die hier auftreten, sind die *Schläfenbrillen*, die an beide Kopfseiten angedrückt werden — später haben sich daraus die Brillen mit Damenfedern entwickelt — und die *Ohrenbrillen*, die schon bald — wohl vor 1752 — Doppelgelenke erhalten haben. Für die Entwicklung des Brillensteges werden in jener Zeit wenigstens die ersten vorbereitenden Schritte gemacht, und schließlich findet sich bereits um 1760 (auf einem Selbstporträt des Malers *J. B. S. Chardin)* die Hornbrille mit großen, runden Gläsern, die nach diesem Muster zu unseren Tagen wieder angefertigt wurde und also als Chardinsche Brille zu bezeichnen ist. *Moritz v. Rohr, Jena.*

Koestler, W., und M. Tramer, Differential- und Integralrechnung für Ingenieure. Berlin, Julius Springer, 1913. V, 484 S., 221 Fig. u. 2 Kurventaf. Preis geh. M. 13,—, geb. M. 14,—.

Es ist eine vielfach verbreitete Ansicht, daß das Verständnis der Mathematik, insbesondere der höheren Analysis erleichtert würde, sobald man auf strenge Methoden und klare Begriffe verzichtet und sich dafür mit mehr oder weniger einleuchtenden Plausibilitätsgründen und mehr oder weniger verschwommenen Vorstellungen begnügt. In Wahrheit wird man auf diesem Wege niemals so weit gelangen, daß man mathematische Kenntnisse auf irgend einen Fall selbständig anwenden kann. Auch der Ingenieur bedarf, soll die höhere Analysis in seinen Händen ein nützliches, förderndes Werkzeug sein, einer gründlichen mathematischen Schulung, er muß vor allem die Grundlagen der Differential- und Integralrechnung wirklich verstanden und sich zu eigen gemacht haben. Das vorliegende Buch will von diesem Gesichtspunkte aus hauptsächlich für die Zwecke des Ingenieurs, aber auch für den Physiker und Mathematiker die Grundlagen der Infinitesimalrechnung darstellen und wendet sich sowohl an Studierende als an Praktiker; es will auch dem Zwecke des Selbststudiums dienen. Diese Tendenz ist gewiß löblich; um so mehr jedoch muß man bedauern, daß die Ausführung recht weit hinter der Absicht zurückbleibt.

Das Buch besteht aus mehreren getrennten Kapiteln, von denen das über Vektoren-Rechnung in keinem Zusammenhange mit dem übrigen steht und, auch nach der Meinung des Verfassers, für das Studium des Buches entbehrlich ist. Die übrigen Kapitel behandeln in systematischer Folge die „Einführung der Zahl", „die Funktion", „Stetigkeit und Unstetigkeit", „Differential und Integral" und werden durch eine „historische Schlußbetrachtung" ergänzt. Viele Ausführungen des ersten Kapitels über Einführung der Irrationalzahlen

dürften dem Anfänger nur schwer verständlich sein. Es soll nicht verkannt werden, daß die Verfasser hier bemüht sind, den lernenden Ingenieur mit vielen abstrakten mengentheoretischen und axiomatischen Begriffen der neueren Mathematik bekannt zu machen; jedoch scheint, von pädagogischen Bedenken ganz abgesehen, die wenig pointierte Art der Darstellung ungeeignet, dem Leser wirklich Verständnis und Überblick zu vermitteln.

Einen erheblichen Teil des Raumes nimmt in dem Buche das Kapitel über den Funktionsbegriff ein. 124 Seiten scheinen den Verfassern nötig, um diesen Begriff zu erläutern, ein großer Raum, wenn man erwägt, daß die Verfasser sich einen mathematisch nicht ganz ungebildeten Leser vorstellen. Der größte Teil dieses Kapitels ist der graphischen Darstellung von Funktionen gewidmet, die an überaus vielen Beispielen erläutert wird. Hier sind die Verfasser in ihrem Element. Leider gilt dies nicht so für ihre übrigen Darlegungen, in denen man zuweilen, wie z. B. bei der unzutreffenden Definition der algebraischen Funktionen auf S. 126, eingehende Kenntnis zum mindesten des üblichen mathematischen Sprachgebrauches vermißt. Noch viel schwerwiegendere Einwände müssen jedoch gegen die Ausführungen der folgenden Kapitel erhoben werden.

Das Kapitel über Stetigkeit beginnt mit einem Paragraphen über „Unendlich kleine, unendlich große und endliche Zahlen und Größen". Nach einigen allgemeinen Betrachtungen werden unendlich kleine Zahlen definiert als solche, die kleiner sind, als jede noch so kleine endliche Zahl, ohne Null zu sein (S. 240), oder als solche, die „kleiner als jede beliebig kleine endliche Zahl sind und sich der Null, fortwährend kleiner werdend, nähern" (S. 241). Leider sind derartige Begriffe und Definitionen durchaus nicht geeignet, „das Bewußtsein zu erzeugen, daß man es hier mit einer sicher fundierten Wissenschaft zu tun hat", ja man darf wohl sagen, daß es sich hier um Worte handelt, denen mathematisch klare Begriffe nicht entsprechen. Es nimmt daher auch nicht wunder, wenn die Verfasser auf Grund dieser Definitionen gelegentlich mit sich selbst in Widerspruch geraten, so z. B., wenn sie auf S. 242, Anm. 2 als Beispiel einer unendlich kleinen Größe das Volumen eines Staubkörnchens dividiert durch das der Erde anführen, also eine, wenn auch kleine, so doch gewiß nach ihrer Definition endliche Zahl.

Es wäre um die höhere Mathematik schlecht bestellt, wenn sie wirklich zu ihrem Aufbau des Begriffes der unendlich kleinen Größe bedürfte; das mystische Hell-Dunkel, welches der Außenstehende in den Vorhallen dieser Wissenschaft grundlos fürchtet, wäre dann Wirklichkeit. Glücklicherweise darf die höhere Mathematik sich rühmen, bis in ihre ersten Grundlagen sonnenklar und frei von jeder geheimnisvollen Mystik zu sein. Sie bedarf zu ihrem klaren und folgerichtigen Aufbau nur eines einzigen, jedermann verständlichen Begriffes: des *Grenzwert*-Begriffes. Schon auf der Schule pflegt man heute den Schüler mit diesem Begriffe vertraut zu machen. Es hat dann für den Ingenieur nicht die geringste prinzipielle Schwierigkeit, von hier aus den Eingang in die Differential- und Integral-Rechnung zu finden. Differentialquotient und Integral sind zwei Begriffe, die so ohne jede Unklarheit eingeführt werden können und müssen, und die „unendlich kleinen" oder „unendlich großen" Größen können hier ganz aus dem Spiele bleiben. — Allerdings kann es im Sinne einer Approximationsmathematik für den Praktiker zweckmäßig sein, Größen, die er wegen außerordentlicher Kleinheit in der Rechnung vernachlässigen darf, als „unendlich klein" zu bezeichnen. Doch ist diese Bezeichnungsweise und alle weiteren daran anknüpfenden Operationen für den Anfänger eine leicht verhängnisvolle Quelle von Unklarheiten, Mißverständnissen und Fehlern. In einem Buche wie dem vorliegenden, das dem Lernbegierigen eine solide Einführung in die Grundlagen geben will, hätte daher der Begriff des „Unendlich Kleinen" nicht an die Spitze gestellt werden dürfen. Dieser prinzipielle Grundfehler des Buches macht sich naturgemäß in der weiteren Ausführung geltend. Nachdem die Verfasser eine Reihe von Rechenregeln für ihre unendlich kleinen und unendlich großen Größen abgeleitet haben, die den Leser kaum über diese mysteriösen Dinge aufklären dürften, verlassen sie die eingeschlagene Bahn plötzlich, um sich der Erörterung des Grenzbegriffes und des Stetigkeitsbegriffes zuzuwenden. Das Unendlich Kleine spielt hier keine wesentliche Rolle, und wie es scheint, sind auch die Verfasser der Ansicht, daß es völlig überflüssig ist. Das macht allerdings die Inkonsequenz des Buches um so fühlbarer. In den außerordentlich breiten, über 100 Seiten langen Auseinandersetzungen dieses Kapitels vermißt man durchaus einen konsequenten, klaren, der Einfachheit der besprochenen Dinge angemessenen Gedankengang. Nimmt man hinzu, daß in diesen Betrachtungen auch einige sonderbare mathematische Entgleisungen vorkommen —, so z. B. die im Widerspruch zu früheren Definitionen stehende Behauptung, daß $\lim_{x=\infty} (x + \cos x)$ *nicht* unendlich ist, (S. 295) — so drängt sich dem Kritiker die Vermutung auf, daß die Verfasser nicht die nötige Zeit haben finden können, um ihre vielseitigen Kenntnisse in den Grundbegriffen der höheren Analysis in ein sachlich einwandfreies und pädagogisch brauchbares Gewand zu kleiden.

Diese Vermutung wird durch das folgende Kapitel bestätigt, dessen Titel: „Differential und Integral" schon befremdet. Das Kapitel beginnt, wie das auch nicht anders sein kann, mit der Betrachtung des Differential*quotienten;* doch folgt sogleich ein Paragraph, in dem mit Differentialen in recht bedenklicher und widerspruchsvoller Weise operiert wird. Im einzelnen gilt für dieses Kapitel ähnliches, wie für das vorangehende; es erübrigt sich daher eine weitere Besprechung, die hier keine neuen Gesichtspunkte liefern würde.

Ganz abgesehen von allen diesen Bedenken gegen den Inhalt des Buches muß die Kritik noch hervorheben, wie viel von unentbehrlichem Wissensstoff es *nicht* enthält. Es soll zwar nicht verkannt werden, daß das Buch nur den ersten Band eines größeren Werkes darstellen soll und daß man vielleicht vom zweiten Band eine teilweise Beseitigung dieses Mangels erwarten darf. Aber in der Gestalt, in der das Buch vorliegt, ist das, was der Leser daraus lernen kann, sehr wenig. Er muß, wenn er das historische Schlußkapitel liest, erstaunt fragen, wozu denn so viele Leute sich mit den Gegenständen des Buches beschäftigt haben; denn er wird nach der Lektüre des Buches kaum den Eindruck haben, daß es nützliche und fruchtbare Dinge sind, die hier abgehandelt worden sind.

Es gibt eine große Reihe von „populären" Lehrbüchern der Differential- und Integralrechnung, die, nicht von berufener Hand geschrieben, geeignet sind, falsche und unklare Vorstellungen über diese Wissenschaft zu verbreiten, und vor denen man besonders den Autodidakten warnen sollte. Von dieser Kategorie von Lehrbüchern unterscheidet sich das vorliegende durch ausgebreitetere Literaturkenntnis seiner Verfasser und deren Bestreben nach wissenschaftlicher Gründlichkeit. Es wird jedoch nach dem oben Angeführten einer völligen Umarbeitung bedürfen, wenn es für den von den Verfassern betonten Zweck wirklich brauchbar werden soll.

R. Courant, Göttingen.

Egerer, Heinz, Ingenieur-Mathematik. Lehrbuch der höheren Mathematik für die technischen Berufe. I. Band. Berlin, Julius Springer, 1913. VIII, 501 S. u. 320 Abbild. Preis M. 12,00.

Der vorliegende Band bildet den ersten Teil eines dreibändigen Lehrbuches der Ingenieur-Mathematik. Erst die beiden letzten, noch nicht erschienenen Bände sollen die höhere Analysis, soweit sie für den Ingenieur in Betracht kommt, behandeln. Der erste Band beschäftigt sich lediglich mit elementaren mathematischen Dingen und soll wesentlich auf die Statik starrer Körper vorbereiten, wie denn das Ganze als Grundlage der Ingenieur-Mechanik gedacht ist.

Der Band enthält einen Abschnitt über niedere Algebra und drei weitere Abschnitte über die Geometrie der linearen Gebilde und der Kegelschnitte. Dem Charakter des Buches entsprechend, ist der mathematische Stoff gänzlich für die unmittelbaren Zwecke des Technikers zugeschnitten. Man darf also von dem Buche nicht etwa die Befriedigung mathematisch-wissenschaftlicher Bedürfnisse erwarten. Alles, was über den Rahmen des unbedingt für den Techniker Notwendigen hinausgeht, fehlt in dem Buche. Der Verfasser scheint dem Referenten hierin vielleicht etwas zu weit gegangen zu sein; wenigstens dürfte mancher Techniker z. B. in dem Buche die Behandlung der Flächen zweiter Ordnung vermissen, von denen doch in der technischen Mechanik ausgiebiger Gebrauch gemacht zu werden pflegt.

Besonders reichhaltig ist der erste Abschnitt über niedere Algebra und Analysis. Wenn hierin auch manches vom wissenschaftlichen Standpunkte aus Anfechtbare sich findet — wie z. B. das, was zur Charakterisierung transzendenter Zahlen und Funktionen auf S. 20, 76, 218 gesagt wird —, so wird doch der Anfänger neben vielem Bekannten hier auch manches ihm Neue, auf verhältnismäßig knappem Raume zusammengestellt, lernen können.

In die geometrischen Abschnitte sind die Elemente der Vektorenrechnung mit hineingearbeitet. Im übrigen enthalten diese die analytische Geometrie der Geraden, Ebenen im Raum und Kegelschnitte in einem Umfange, wie er etwa einer elementaren Anfängervorlesung entspricht. Durch zahlreiche Beispiele und Übungsaufgaben wird dem Lernenden Gelegenheit gegeben, sich den Stoff zu eigen zu machen.

Soweit sich nach dem vorliegenden ersten Bande urteilen läßt, wird das Werk von *Egerer* für den durchschnittlichen Techniker ein brauchbares Lehr- und Handbuch sein.

R. Courant, Göttingen.

Astronomische Mitteilungen.

Über Veränderungen auf dem Planeten Jupiter berichten in den *Astronom. Nachrichten* Nr. 4661 die Astronomen *Ph. Fauth* und *H. H. Kritzinger*. *Ph. Fauth* macht darauf aufmerksam, daß auf der Oberfläche des Jupiter sich große Veränderungen vorbereiten, die für die Topographie jenes unserer Erde in ihrem früheren feuerig-flüssigen Zustande ähnelnden Planeten von Interesse sind. Die ganze nördliche Hemisphäre des Jupiter teilt sich in deutliche, wenn auch vorläufig noch etwas blasse Streifen, und zwischen ihnen treten dunkle Fleckengebilde auf. *H. H. Kritzinger* macht besonders auf den berühmten „roten Fleck" der Jupiteroberfläche aufmerksam, der nicht nur als topographisches Gebilde mit einer langsam darüberziehenden Verschleierung von Interesse ist, sondern auch wie schon in früheren Jahren merkwürdige Bewegungen zeigt, die sich in letzter Zeit beträchtlich beschleunigt zu haben scheinen.

Neue Methoden zur astronomisch-geographischen Ortsbestimmung schlägt *A. Wilkens* (Kiel) vor und teilt dieselben ausführlich in Nr. 4660 der *Astronom. Nachrichten* mit. Während die bisher gebräuchlichen Methoden der geographischen Ortsbestimmung im allgemeinen auf Messungen der Gestirnskoordinaten in der Ebene des Horizonts (insbesondere Höhe und Azimut) nach der Uhr beruhen, gelegentlich auch auf Messungen solcher Koordinatendifferenzen, schlägt *A. Wilkens* hauptsächlich vor, statt der Gestirnskoordinaten vielmehr die *Geschwindigkeiten* jener Gestirne zu messen. Dieselben sind naturgemäß von den Koordinaten abhängig und sollen besonders durch relative Koordinaten- und Zeitdifferenzen ermittelt werden. Mit Recht wird darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeit eines Gestirns in Abhängigkeit von der Deklination desselben bzw. auch von seiner Höhe ein ebenso wichtiges Beobachtungsdatum darstellt wie die Koordinate selbst. Da außerdem bei den meisten Aufgaben der Ortsbestimmung zur Erhöhung der Genauigkeit eine größere Reihe von Messungen ausgeführt wird, läßt sich aus derselben auch die Geschwindigkeit der betreffenden Koordinaten ermitteln. Der Verfasser entwickelt die Formeln zur Ableitung der Geschwindigkeit in Höhe und Azimut. Ferner führt er als zweites Prinzip der neuen Ortsbestimmungsmethode das Verfahren der *photographischen Aufnahme* von Sternspuren an einem photographischen Universal ein, um aus der Winkeldifferenz der Richtungen zweier Sternspuren zunächst die Differenz der parallaktischen Winkel jener Sterne und dann Ortsbestimmungen selbst daraus herzuleiten. Auf diesem Wege, der in der Theorie an die Arbeiten von *Harzer* (Kiel) und hinsichtlich der photogeographischen Anwendung an die Untersuchungen von *A. Marcuse* (Berlin) anknüpft, erhält der Verfasser in der Tat eine Reihe sehr interessanter Methoden, die innerhalb weniger Bogensekunden genau und in mancher Hinsicht viel einfacher als die bisherigen visuellen Verfahren sind. Es liegt in der Natur der Sache, daß sich diese eigenartige Erweiterung der Ortsbestimmung nur am *Lande*, also für alle astronomisch-geographischen Aufgaben auf Stationen oder bei Landreisen verwenden läßt. In der Nautik oder Aeronautik findet jenes neue Verfahren, Geschwindigkeitsmessungen an Stelle der Koordinatenmessungen zu setzen, natürlich keine Anwendung. Da bleibt das altbewährte Verfahren bestehen, aus Koordinatenbeobachtungen im System des Horizonts von solchen Gestirnen, deren Positionen anderweitig im System des Äquators festgelegt sind, Ort und Zeit, für den Beobachtungspunkt auf der Erdoberfläche gültig, zu finden. Von Interesse ist noch die praktische Anwendung jener photographischen Geschwindigkeitsmethode, die *A. Wilkens* an einer Reihe von photographischen Sternspuraufnahmen mit einer Zeißkamera durchführen konnte. Die Resultate sind in jeder Hinsicht günstige gewesen, da sich aus nur drei Sternen in mittleren Höhen sowohl die Zeit- als auch die Breitenbestimmung mit einer Genauigkeit von wenigen Bogensekunden herleiten ließ. Der Verfasser macht daher mit Recht darauf aufmerksam, daß seine photographische Methode der Ortsbestimmung den visuellen Methoden an Instrumenten der gleichen Dimension nicht nur ebenbürtig, sondern wegen der Einfachheit der Ausführung, auch auf Forschungsreisen, sogar überlegen sei. Zu ganz ähnlichen Schlußfolgerungen ist übrigens auch *A. Marcuse* (Berlin) bei seinen früheren Versuchen über photographische Ortsbestimmungen an einem besondern photographischen Universal (konstruiert von *Günther* und *Tegetmaier* in Braunschweig) gekommen und hat dabei noch hervorgehoben, daß die Er-

gebnisse der photographischen Ortsbestimmung sehr viel weniger von den physiologischen Fehlern der Sinneswahrnehmung der Beobachter abhängig sind. Aus allen diesen Gründen muß die von *A. Wilkens* (Kiel) angeregte eigenartige Erweiterung der photographischen Ortsbestimmung als sehr willkommen für die praktische Astronomie begrüßt werden. *A. Marcuse.*

Kleine Mitteilungen.

Die Erforschung des Erdinnern mit elektrischen Wellen nach dem Vorschlage von *Loewy* und *Leimbach* hat sich bei orientierenden Versuchen relativ aussichtsvoll gezeigt, wenn auch die bisher veröffentlichten Resultate noch kein definitives Urteil über die Brauchbarkeit in der Praxis zulassen. Eine Arbeit von *Leimbach* und *Mayer (Physikalische Zeitschrift XIV*, p. 447, 1913) bringt in die bisherigen Untersuchungen einen neuen Gedanken hinein: Ist C die Kapazität und L die Selbstinduktion einer Antenne, so hat die von der Antenne ausgehende Strahlung die Wellenlänge $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$ (Thomsonsche Formel), wo c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet; die Wellenlänge λ ist also der Wurzel aus der Antennenkapazität proportional. Denken wir uns die Antenne als langen, gerade ausgespannten Draht, in dessen Mitte der Erreger eingebaut ist. Die beiden entgegengesetzt ausgespannten Drahthälften bilden dann die beiden Belegungen der Antennenkapazität. Das Dielektrikum zwischen ihnen ist in diesem Falle die Luft, und die elektrischen Kraftlinien verlaufen von dem einen Draht zum andern durch Luft. Die Antennenkapazität und — nach der Thomsonschen Formel — auch die Wellenlänge λ ändert sich offenbar, wenn an die Stelle der Luft ein anderes Dielektrikum tritt. — Darauf beruht das neue Verfahren der Verfasser. Sie spannen die Antenne einmal in Luft aus und einmal in einem Bergwerk und messen beide Male die Wellenlänge. Die elektrischen Kraftlinien gehen im zweiten Falle durch die die Antenne umgebenden Erd- oder Gesteinsschichten, und da die Dielektrizitätskonstante derartiger Schichten wesentlich von der der Luft abweicht, so erhält man im Bergwerk eine andere Wellenlänge. Die Tabelle zeigt, wie sich λ ändert, je nachdem die Antenne — und zwar in verschiedener Länge — in Luft oder in einer Karnallitstrecke (Gewerkschaft Siegfried I in Vogelbeck bei Salzderhalden) ausgespannt wurde.

Antennenlänge in Meter	Wellenlänge in Meter in Luft	Wellenlänge in Meter in der Karnallitstrecke
2 × 24	175	232
2 × 16	144	190
2 × 18	103	121

Der durch ein Patent geschützte Ausführungsmodus geht dahin, die Wellenlängenänderungen für verschiedene Gesteinsarten zu messen und daraus auf die Gesteinsart von unbekannten Erdschichten zu schließen. *P. Lg.*

Die Atolle, die niedrigen, auf Korallenriffen gebildeten kleinen Eilande im australischen Inselmeer, machen sich dem Seefahrer auf ungeheure Entfernungen hin bemerkbar durch eine **grüne Wolke** am Himmel. Diese Atollwolke, welche die kaum aus dem Wasser auftauchenden Inseln so weit sichtbar macht, als ob sie Tausende von Metern hoch zum Himmel emporragten, erhält ihren Ursprung von der Lagune des Atolls. Das Wasser dieses flachen Bassins wird von der Sonne auf Temperaturen von 35—37° erwärmt und ist wesentlich wärmer als das des Ozeans ringsum. Es verdampft daher stark und veranlaßt über dem Atoll oft die Bildung einer stationären Wolke. Diese Wolke oder auch eine Passatwolke erhält dann durch die Lagune eine grüne Farbe. Da nämlich die Oberfläche der Lagune im Gegensatz zu dem das Atoll umgebenden Meere glatt ist, so wirkt sie wie ein Spiegel und reflektiert das Sonnenlicht auf die Wolke, die dadurch ihre charakteristische grüne Färbung erhält. *(Scient. Amer. 108*, 69, 1913.) *Mk.*

Daß auf der **Insel Rügen oberirdisch abflußlose Gebiete** in der Gesamtgröße von 15 qkm vorhanden sind, hat *H. Spethmann* festgestellt. Da die ganze Insel 967 qkm umfaßt, so macht dies 1½ Prozent aus. Wäre die Insel infolge der intensiven Kultur nicht vielfach durch von Menschenhand angelegte Gräben künstlich entwässert, so würden die abflußlosen Flächen doppelt so groß sein, also drei Prozent ausmachen. Da bei einer Insel von so stark zerrissenem Umfang wie Rügen dieses Gebiet so beträchtlich ist, so müssen in dem landschaftlich ähnlichen Teile Norddeutschlands sehr erhebliche Flächen gleicher Art vorhanden sein. Diese Eigenschaft des Bodens ist aber von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung, da die Abflußlosigkeit einer Fläche vielfach eine *intensive Vermoorung* zur Folge hat. *(Peterm. Mitt. 58*, 24, 1912.) *Mk.*

Die Gewinnung von **radioaktiven Abbauprodukten des Thoriums** hat für Deutschland, wo das Radium nur in geringen Mengen vorkommt, erhöhtes Interesse gewonnen. Eine intensivere Ausnützung der thoriumhaltigen Mineralien ist auch deshalb von Wichtigkeit, weil die Gasglühlichtindustrie, die allein größere Mengen von Thoriumsalzen verbraucht, in den letzten Jahren durch die Metallglühfäden bedeutende Einbuße erlitten hat. Von radioaktiven Thoriumpräparaten, für deren Herstellung als Ausgangsmaterial fast nur Monazitsand in Betracht kommt, wird das Thorium X medizinisch bei Leukämie und perniziöser Anämie angewandt. Es ist *Glaser* kürzlich gelungen, aus Monazitsand einen stark radioaktiven Körper zu isolieren, den er vorläufig Thorium Y nennt. Derselbe zeigt die gleiche Aktivität und Halbierungskonstante (3,64 Tage) wie Thorium X, unterscheidet sich jedoch von demselben in chemischer Beziehung durch die Schwerlöslichkeit seines Sulfates. Trotzdem ist *Glaser* der Ansicht, daß beide Abbauprodukte identisch sind, und daß ihre chemische Verschiedenheit nur durch Verunreinigungen bedingt ist. *(Chem. Ztg.* 1913, p. 477.) *O. F.*

Einen **elektrisch heizbaren Objektträger für Mikroskope** hat *P. G. Cottrell* aus einem ca. ¾ mm starken Glasplättchen hergestellt. Das Plättchen wurde auf 13 × 25 mm geschnitten, an beiden Enden auf einem je 5 mm breiten Streifen vergoldet und darauf in einem Hochvakuum von einer Platinkathode bestäubt. Die beiden Goldstreifen wurden mit Stanniol umwickelt und konnten so als Zuführung für den Heizstrom dienen, der durch den auf dem Plättchen erzeugten Platinspiegel geleitet zur Erwärmung diente. Dieser Objektträger ist besonders geeignet zur Beobachtung von Kristallisationsvorgängen. Er gestattet, die einzelnen Kristallindividuen genau zu beobachten und dabei ihr Schmelzen oder ihre Auskristallisierung nach Belieben zu unterbrechen oder fortdauern zu lassen. *(J. Amer. Chem. Soc. 34*, 1328, 1912.) *Mk.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.